

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年12 月23 日 (23.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/111304 A1

(51) 国際特許分類: C23C 26/00, B23H 9/10, F01D 5/28,  
F02C 7/00, B22D 19/10, B21K 3/04

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008213

(22) 国際出願日: 2004 年6 月11 日 (11.06.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2003-167073 2003 年6 月11 日 (11.06.2003) JP

特願2003-167074 2003 年6 月11 日 (11.06.2003) JP

特願2003-167076 2003 年6 月11 日 (11.06.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 石川  
島播磨重工業株式会社 (ISHIKAWAJIMA-HARIMA  
HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008182

東京都千代田区大手町2丁目2番1号 Tokyo (JP). 三  
菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI  
KAISHA) [JP/JP].

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 落合 宏行  
(OCHIAI, Hiroyuki) [JP/JP]. 渡辺 光敏 (WATANABE,  
Mitsutoshi) [JP/JP]. ト部 健人 (URABE, Tatsuto)  
[JP/JP]. 宗野 和夫 (SOUNO, Kazuo) [JP/JP]. 後藤 昭  
弘 (GOTO, Akihiro) [JP/JP]. 秋吉 雅夫 (AKIYOSHI,  
Masao) [JP/JP].

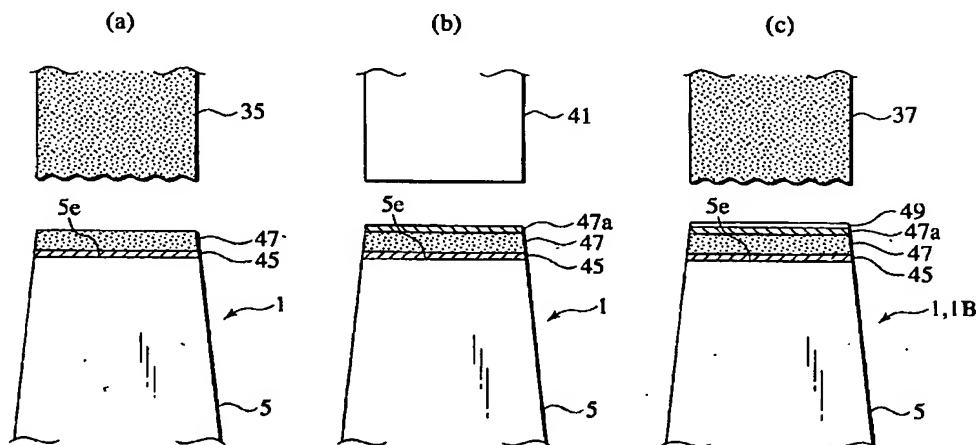
(74) 代理人: 三好 秀和 (MIYOSHI, Hidekazu); 〒1050001  
東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第1ビル  
9階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR REPAIRING MACHINE PART, METHOD FOR FORMING RESTORED MACHINE PART, METHOD FOR MANUFACTURING MACHINE PART, GAS TURBINE ENGINE, ELECTRIC DISCHARGE MACHINE, METHOD FOR REPAIRING TURBINE COMPONENT, AND METHOD FOR FORMING RESTORED TURBINE COMPONENT

(54) 発明の名称: 機械部品の修理方法、復元機械部品の製造方法、機械部品の製造方法、ガスタービンエンジン、放電加工機、タービン部品の修理方法、及び復元タービン部品の製造方法



(57) Abstract: Disclosed is a method for repairing a machine part. A defect in a portion to be repaired in the machine part is removed, and a pulse discharge is produced between the defect-removed portion and a formation electrode which is composed of a formed body or the like which is made of a metal powder or the like, so that the material and the like of the formation electrode is deposited in the defect-removed portion by the discharge energy, thereby forming a porous build-up therein. Next, dimensional finishing is performed for shaping the porous build-up to have a certain thickness.

(57) 要約: 機械部品の被修理部に生じた欠陥を除去し、金属の粉末等から成形した成形体等からなる成形電極を用い、前記機械部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記機械部品の被修理部に前記成形電極の材料等を堆積等させて、ポーラスな肉盛を形成し、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う。



BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

機械部品の修理方法、復元機械部品の製造方法、機械部品の製造方法、ガスタービンエンジン、放電加工機、タービン部品の修理方法、及び復元タービン部品の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、機械部品の修理方法、復元機械部品の製造方法、機械部品の製造方法、ガスタービンエンジン、放電加工機、タービン部品の修理方法、及び復元タービン部品の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 通常、ガスタービンエンジンに用いられるタービン動翼等、機械部品については、その寿命に達するまで種々の修理が行われる。そして、前記タービン動翼の被修理部にクラック等の欠陥が生じた場合には、次のように行われる。

[0003] 即ち、研削加工によって前記タービン動翼の前記被修理部に生じた前記欠陥を除去する。そして、前記タービン動翼における前記欠陥が除去された除去部に、肉盛溶接によって肉盛を形成する。これによって、前記機械部品としての前記タービン動翼を修理することができ、換言すれば、修理の対象になった原機械部品としての原タービン動翼から復元機械部品としての復元タービン動翼を製造することができる。

### 発明の開示

[0004] ところで、肉盛溶接によって前記肉盛範囲を前記機械部品の前記除去部に限定することは容易でなく、前記肉盛の形成によって余肉が生じることが避けられない。そのため、前記肉盛の形成後において前記余肉の除去する必要があつて、前記機械部品の前記被修理部の修理に要する時間、換言すれば、前記復元機械部品の製造に要する時間が長くなるという問題がある。

[0005] なお、肉盛の工程が含まれている新製の機械部品を製造においても、前述の問題は同様に生じる。

[0006] 前述の問題を解決するために、本発明の第1の特徴は、導電性のある機械部品の被修理部を修理するための機械部品の修理方法であつて、前記機械部品の前記被

修理部に生じた欠陥を除去する除去工程と;前記除去工程が終了した後に、金属の粉末、或いは金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記機械部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記機械部品の前記除去部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな肉盛を形成する肉盛工程と;を具備したことである。

[0007] また、本発明の第2の特徴は、導電性のある原機械部品から復元機械部品を製造するための復元機械部品の製造方法であって、前記原機械部品の被処理部に生じた欠陥を除去する除去工程と;前記除去工程が終了した後に、金属の粉末、或いは金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記原機械部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記原機械部品の前記除去部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな肉盛を形成する肉盛工程と;を具備したことである。

[0008] 更に、本発明の第3の特徴は、導電性のある部品本体と、この部品本体の被処理部に形成されたポーラスな肉盛とを備えた機械部品を製造するための機械部品の製造方法であって、前記部品本体から成形する本体工程と;前記本体工程が終了した後に、金属の粉末、或いは金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記部品本体の前記被処理部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記部品本体の前記被処理部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、前記肉盛を形成する肉盛工程と;を具備したことである。

#### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1の実施形態に係わるタービン動翼を示す図である。

[図2]実施形態に係わるガスタービンエンジンの模式図である。

[図3]第1の実施形態に係わる放電加工機を示す図である。

[図4]図4(a)、図4(b)、図4(c)は、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法及び第2の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法を説明する図である。

[図5]図5(a)、図5(b)、図5(c)は、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法及び第2の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法を説明する図である。

[図6]翼の除去部と成形電極との関係を説明する図である。

[図7]第1の実施形態の変形例に係わるタービン動翼を示す図である。

[図8]第3の実施形態に係わるタービン動翼を示す図である。

[図9]図9(a)、図9(b)、図9(c)は、第3の実施形態に係わる機械部品の製造方法を説明する図である。

[図10]図10(a)、図10(b)、図10(c)は、第3の実施形態に係わる機械部品の製造方法を説明する図である。

[図11]翼の先端部と成形電極との関係を説明する図である。

[図12]第3の実施形態の変形例に係わるタービン動翼を示す図である。

[図13]第4の実施形態に係わるタービン動翼を示す斜視図である。

[図14]第4の実施形態に係わる放電加工機を示す図である。

[図15]第4の実施形態に係わる交換ユニットの模式的な平面図である。

[図16]図16(a)、図16(b)、図16(c)は、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法及び第5の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法を説明する図である。

[図17]図17(a)、図17(b)は、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法及び第5の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法を説明する図である。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0010] 以下、本発明をより詳細に説明するために、本発明の各実施形態につき、適宜に図面を参照して説明する。なお、図面中において、「FF」は、前方向を指してあって、「FR」は、後方向を指している。また、説明中において、適宜に、「左右方向」のことをX軸方向といい、「前後方向」のことをY軸方向といい、「上下方向」のことをZ軸方向という。更に、「放電方向」とは、図6及び図11において紙面に向かって表裏方向のこと

をいう。

[0011] (第1の実施形態)

まず、図1及び図2を参照して、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法の対象であるタービン動翼1について簡単に説明する。

[0012] タービン動翼1は、導電性のある機械部品の1つであって、修理を施すことによってジェットエンジン等のガスタービンエンジン3に再び用いられるものである。

[0013] また、タービン動翼1は、翼5と、翼5の基端に形成されたプラットホーム7と、このプラットホーム7に形成されたダブテール9とを備えている。ここで、ダブテール9は、ガスタービンエンジン3の構成要素であるタービンディスク(図示省略)のダブテール溝(図示省略)に嵌合可能である。

[0014] なお、翼5の先端部が、タービン動翼1の被修理部になっている。

[0015] 次に、図3を参照して、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法に使用する放電加工機11について説明する。

[0016] 第1の実施形態に係わる放電加工機11は、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法等の実施に使用される機械であって、X軸方向及びY軸方向へ延びたベッド13を具備しており、このベッド13には、Z軸方向へ延びたコラム15が設けられている。また、ベッド13には、テーブル17が設けられてあって、このテーブル17は、X軸サーボモータ19の駆動によってX軸方向へ移動可能であって、Y軸サーボモータ21の駆動によってY軸方向へ移動可能である。

[0017] テーブル17には、油等、アルカン炭化水素を含む電気絶縁性のある液Sを貯留する加工槽23が設けられており、この加工槽23内には、支持プレート25が設けられている。この支持プレート25には、タービン動翼1等の機械部品又は後述の機械部品における部品本体をセット可能な治具27が設けられている。なお、治具27は、電源29に電氣的に接続されている。

[0018] コラム13には、加工ヘッド31が設けられており、この加工ヘッド31は、Z軸サーボモータ33の駆動によってZ軸方向へ移動可能である。また、加工ヘッド31には、成形電極35又は硬質成形電極37を交換可能に保持する第1ホルダ39が設けられており、加工ヘッド31における第1ホルダ39の近傍には、耐消耗性のある硬質電極41を保

持する第2ホルダ43が設けられている。なお、第1ホルダ39及び第2ホルダ43は、電源29に電氣的に接続されている。

[0019] ここで、成形電極35は、耐酸化金属の粉末からプレスによる圧縮によって成形した成形体、或いは真空炉等によって加熱処理した前記成形体により構成されるものである。なお、成形電極35は、圧縮によって成形する代わりに、泥漿鑄込み、MIM(Metal Injection Molding)、溶射等によって成形しても差し支えない。

[0020] また、成形電極35を構成する前記耐酸化金属には、NiCr、CoNiCrAlY等のニッケル合金、コバルト合金が含まれる。なお、成形電極35は、前記耐酸化金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末を圧縮成形した成形体により構成されるものであっても差し支えない。

[0021] 硬質成形電極37は、耐酸化金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末からプレスによる圧縮によって成形した成形体、或いは真空炉等によって加熱処理した前記成形体により構成されるものである。なお、硬質成形電極37は、圧縮によって成形する代わりに、泥漿鑄込み、MIM(Metal Injection Molding)、溶射等によって成形しても差し支えない。

[0022] また、硬質成形電極37を構成する前記耐酸化金属は、成形電極35を構成する前記耐酸化金属と同じであって、硬質成形電極37を構成する前記セラミックスには、cBN、TiC、TiN、TiAlN、TiB<sub>2</sub>、WC、SiC、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>-Y、ZrC、VC、B<sub>4</sub>Cのうちいずれか1種の材料又は2種以上の混合材料である。

[0023] なお、硬質成形電極37は、導電性のあるセラミックスの粉末を圧縮成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成されるものであっても差し支えない。また、導電性のあるセラミックスの粉末は、セラミックスの粉末の表面に導電性の皮膜を付けること等によって製造できる。

[0024] 一方、硬質電極41は、グラファイト、タングステン合金、又は銅合金の固形物により構成されるものである。

[0025] 次に、図3、図4(a)、図4(b)、図4(c)、図5(a)、図5(b)、図5(c)、図6を参照して、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法について説明する。

[0026] 第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法は、前記被修理部としての翼5の先

端部を修理するための方法であって、以下に示すような(1-1)除去工程と、(1-2)薄膜工程と、(1-3)薄膜変化工程と、(1-4)肉盛工程と、(1-5)仕上げ工程と、(1-6)硬質薄膜工程とを具備している。

[0027] (1-1) 除去工程

前記被修理部としての翼5の先端部が上を向くように、前記機械部品としてのタービン動翼1を治具27にセットする。次に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、翼5の先端部と硬質電極41が対向するようにタービン動翼1の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向とY軸方向のうちのいずれかの方向に移動させるだけで足りる場合もある。

[0028] そして、電気絶縁性のある液S中において、翼5の先端部と硬質電極41との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図4(a)に示すように、放電エネルギーにより、翼5の先端部に生じたクラック等の欠陥Dを除去することができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって硬質電極41を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。また、翼5における欠陥Dが除去された部位は、除去部5eという。

[0029] (1-2) 薄膜工程

前記(1-1)除去工程が終了した後に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、翼5の除去部5eと成形電極35が対向するようにタービン動翼1の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0030] そして、電気絶縁性のある液S中において、翼5の除去部5eと成形電極35との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図4(b)に示すように、その放電エネルギーにより、成形電極35の材料或いは該材料の反応物質を翼5の除去部5eに堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな薄膜45を形成することができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって成形電極35を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0031] ここで、「堆積、拡散、及び／又は溶着」とは、「堆積」、「拡散」、「溶着」、「堆積と拡



散の2つの混合現象」、「堆積と溶着の2つの混合現象」、「拡散と溶着の2つの混合現象」、「堆積と拡散と溶着の3つの混合現象」のいずれも含む意である。

[0032] (1-3) 薄膜変化工程

前記(1-2)薄膜工程が終了した後に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、薄膜45と硬質電極41が対向するようにタービン動翼1の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0033] そして、電気絶縁性のある液S中において、ポーラスな薄膜45と硬質電極41との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図4(c)に示すように、放電エネルギーにより、薄膜45を溶融して、薄膜45をポーラス状態から高密度状態に変化させることができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって硬質電極41を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0034] (1-4) 肉盛工程

前記(1-3)薄膜変化工程が終了した後に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、薄膜45と成形電極35が対向するようにタービン動翼1の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0035] そして、電気絶縁性のある液S中において、薄膜45と成形電極35との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図5(a)に示すように、放電エネルギーにより、成形電極35の材料或いは該材料の反応物質を高密度の薄膜45に堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな肉盛47を形成することができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって成形電極35を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0036] ここで、薄膜45と成形電極37との間にパルス状の放電を発生させると、図6に示すように、成形電極35の一部分であって放電方向から見たときに翼5の除去部5eからはみ出した部分が消耗するように、成形電極35の先端部の形状は翼5の除去部5eの形状よりも僅かに大きいものである。なお、成形電極35のはみ出し量 $t$ は、0.02

mm以上0.3mm以下であることが望ましい。

[0037] (1-5) 仕上げ工程

前記(1-4)肉盛工程が終了した後に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、肉盛47と硬質電極41が対向するようにタービン動翼1の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0038] そして、電気絶縁性のある液S中において、肉盛47と硬質電極41との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図5(b)に示すように、放電エネルギーにより、ポーラスな肉盛47の表側を溶融して、肉盛47の表側に高密度の薄膜47aを形成しつつ、肉盛47の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって硬質電極41を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0039] (1-6) 硬質薄膜工程

前記(1-5)仕上げ工程が終了した後に、第1ホルダ39から成形電極35を取り外して、硬質成形電極37を第1ホルダ39に保持させる。次に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、肉盛47と硬質成形電極37が対向するようにタービン動翼1の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0040] そして、電気絶縁性のある液S中において、肉盛47と硬質成形電極37との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図5(c)に示すように、放電エネルギーにより、硬質成形電極37の材料或いは該材料の反応物質を高密度の薄膜47aに堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜49を形成することができ、翼5の先端部の修理が終了する。なお、アブレイシブ性とは、相手部品を容易に削ることができる特性のことをいう。

[0041] なお、前述の第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法は、次のように実施形態の変更することが可能である。

[0042] 即ち、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法における一連の工程の中から、前記(1-2)薄膜工程と前記(1-3)薄膜変化工程を省略したり、前記(1-6)硬質薄膜工

程を省略したりすることも可能である。

- [0043] また、電気絶縁性のある液S中において、パルス状の放電を発生させる代わりに、電気絶縁性のある気中において、パルス状の放電を発生させるようにしても差し支えない。
- [0044] 更に、硬質成形電極37の代わりに、図5(c)に示すように、Siの固形物、Siの粉末からプレスによる圧縮によって成形した成形体、或いは真空炉等によって加熱処理した前記成形体により構成されるSi電極51を用いてもよい。そして、この場合には、アルカン炭化水素を含む電気絶縁性のある液中において、パルス状の放電を発生させる。なお、Si電極51は、圧縮によって成形する代わりに、泥漿鑄込み、MIM(Metal Injection Molding)、溶射等によって成形しても差し支えない。
- [0045] また、放電加工機11の代わりに、研削盤を用いて、翼5の先端部の欠陥Dを除去したり、肉盛47の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行ったりしても差し支えない。
- [0046] 更に、前記(1-6)硬質薄膜工程が終了した後に、硬質薄膜49の表側にピーニング処理を施すピーニング工程を加えても差し支えない。
- [0047] 次に、第1の実施形態の作用について説明する。
- [0048] 肉盛47は放電エネルギーにより形成されるため、肉盛47の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛47を形成する際に余肉が生じることがない。
- [0049] また、肉盛47は放電エネルギーにより形成されてあって、放電エネルギーは翼5の除去部5eにおける極めて小さい箇所に局所的に作用するため、肉盛47を形成する際における翼5の先端部の温度上昇を十分に抑えることができる。
- [0050] 更に、薄膜45、肉盛47、及び硬質薄膜49は、放電エネルギーにより形成されるため、薄膜45と翼5の母材との境界部分、肉盛47と薄膜45との境界部分、及び硬質薄膜49と肉盛47との境界部分は、それぞれ、組成比が傾斜する構造になっており、硬質薄膜49及び肉盛47を翼5の母材に薄膜45を介して強固に結合させることができる。
- [0051] また、放電エネルギーにより、翼5の除去部5eに薄膜45を形成し、薄膜45を溶融してポーラス状態から高密度状態に変化させると共に、放電エネルギーにより、ポーラ

スな肉盛47の表側を溶融して、肉盛47の表側に高密度の薄膜47aを形成しているため、肉盛47の表側及び裏側の通気性をなくして、修理済みのタービン動翼1の耐酸化性を高めることができる。

[0052] 更に、前記(1-6)硬質薄膜工程が終了した後にピーニング工程を加えた場合にあっては、肉盛47の表側に残留圧縮応力を与えることができ、肉盛47の疲労強度を高めることができる。

[0053] 以上の如き、第1の実施形態によれば、肉盛47の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛47を形成する際に余肉が生じることがないため、肉盛47を形成した後における厄介な作業を減らすことができ、翼5の先端部の修理に要する時間を短くすることができる。特に、同一の放電加工機11によって全ての前記(1-1)除去工程から前記(1-6)硬質薄膜工程まで進行するため、前記修理に要する時間がより一短くすることができる。

[0054] また、肉盛47を形成する際における翼5の先端部の温度上昇を十分に抑えることができるため、肉盛47を形成した後に、翼5の先端部に熱収縮による割れが生じることがなくなって、タービン動翼1の修理不良を極力無くすることができる。

[0055] 更に、硬質薄膜49及び肉盛47を翼5の母材に薄膜45を介して強固に結合させることができるため、硬質薄膜49及び肉盛47が翼5の母材から剥離し難くなって、修理済みのタービン動翼1の品質を安定させることができる。

[0056] また、修理済みのタービン動翼1の耐酸化性及びを高めることができるため、修理済みのタービン動翼1の品質を向上させることができる。特に、前記(1-6)硬質薄膜工程が終了した後にピーニング工程を加えた場合にあっては、肉盛47の疲労強度を高めることができるため、修理済みのタービン動翼1の品質をより向上させることができる。

[0057] 更に、修理済みのタービン動翼1をガスタービンエンジン3に用いた場合に、翼5の母材と硬質薄膜49との熱膨張差が生じても、ポーラスな肉盛47によって硬質薄膜49の割れが抑制されると共に、仮に硬質薄膜49の割れが生じても、硬質薄膜49の割れが翼5の母材にまで拡大することを防ぐことができる。

[0058] (変形例)

図7、図2を参照して、第1の実施形態の変形例について説明する。

[0059] 変形例に係わるタービン動翼53は、タービン動翼1と同様に、導電性のある機械部品の1つであって、修理を施すことによってガスタービンエンジン3に再び用いられるものである。

[0060] また、変形例に係わるタービン動翼53は、翼5と、プラットホーム7と、ダブテール9と、翼5の先端に形成されたシュラウド55とからなっている。ここで、シュラウド55は、一对のチップシール57を備えている。

[0061] なお、シュラウド55における一对のチップシール57の先端部が、タービン動翼53の被修理部になっている。

[0062] そして、シュラウド55における一对のチップシール57に対しても、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法に基づいて修理をすることができ、変形例においても、前述の第1の実施形態の作用及び効果と同様の作用及び効果を奏するものである。

[0063] (第2の実施形態)

図2、図3、図4(a)、図4(b)、図4(c)、図5(a)、図5(b)、図5(c)を参照して、第2の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法について説明する。

[0064] 第2の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法は、図4(a)に示す原機械部品としての原タービン動翼1Aから図5(c)に示す復元機械部品としての復元タービン動翼1Bを製造するための発明であって、換言すれば、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法を別の観点から捉えた発明である。そして、第2の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法にあっても、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法の発明と同様に、(2-1)除去工程と、(2-2)薄膜工程と、(2-3)薄膜変化工程と、(2-4)肉盛工程と、(2-5)仕上げ工程と、(2-6)硬質薄膜工程とを具備している。また、第2の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法にあっては、前述の放電加工機11、成形電極35、硬質成形電極37、及び硬質電極41を用いている。

[0065] なお、復元タービン動翼1Bは、図2に示すガスタービンエンジン3に用いられるものであって、ガスタービンエンジン3の軸心を中心として回転可能である。また、翼5の先端部が、原タービン動翼1Aの被処理部になっている。

[0066] (2-1) 除去工程

前記被処理部としての翼5の先端部が上を向くように、前記原機械部品としてのタービン動翼1Aを治具27にセットする。次に、テーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、翼5の先端部と硬質電極41が対向するように原タービン動翼1Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、翼5の先端部と硬質電極41との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図4(a)に示すように、放電エネルギーにより、翼5の先端部に生じたクラック等の欠陥Dを除去することができる。なお、翼5の欠陥Dが除去された部位は、除去部5eという。

[0067] (2-2) 薄膜工程

前記(2-1)除去工程が終了した後に、テーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、翼5の除去部5eが成形電極35に向するように原タービン動翼1Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、翼5の除去部5eと成形電極35との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図3Bに示すように、その放電エネルギーにより、成形電極35の材料或いは該材料の反応物質を翼5の除去部5eに堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな薄膜45を形成することができる。

[0068] (2-3) 薄膜変化工程

前記(2-2)薄膜工程が終了した後に、テーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、薄膜45と硬質電極41が対向するように原タービン動翼1Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、ポーラスな薄膜45と硬質電極41との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図4(c)に示すように、放電エネルギーにより、薄膜45を溶融して、薄膜45をポーラス状態から高密度状態に変化させることができる。

[0069] (2-4) 肉盛工程

前記(2-3)薄膜変化工程が終了した後に、テーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、薄膜45と成形電極35が対向するように原タービン動翼1Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、薄膜45と成形電極35との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図5(a)に示すように、放電エ

エネルギーにより、成形電極35の材料或いは該材料の反応物質を高密度の薄膜45に堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな肉盛47を形成することができる。

[0070] ここで、薄膜45と成形電極37との間にパルス状の放電を発生させると、図6に示すように、成形電極35の一部分であって放電方向からみたときに翼5の除去部5eからはみ出した部分が消耗するように、成形電極35の先端部の形状は翼5の除去部5eの形状よりも僅かに大きいものである。なお、成形電極35のはみ出し量 $t$ は、0.02 mm以上0.3 mm以下であることが望ましい。

[0071] (2-5) 仕上げ工程

前記(2-4)肉盛工程が終了した後に、テーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、肉盛47と硬質電極41が対向するように原タービン動翼1Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、肉盛47と硬質電極41との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図5(b)に示すように、放電エネルギーにより、ポーラスな肉盛47の表側を溶融して、肉盛47の表側に高密度の薄膜47aを形成しつつ、肉盛47の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことができる。

[0072] (2-6) 硬質薄膜工程

前記(2-5)仕上げ工程が終了した後に、第1ホルダ39から成形電極35を取り外して、硬質成形電極37を第1ホルダ39に保持させる。次に、テーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、肉盛47と硬質成形電極37が対向するように原タービン動翼1Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、肉盛47と硬質成形電極37との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図5(c)に示すように、放電エネルギーにより、硬質成形電極37の材料或いは該材料の反応物質を高密度の薄膜47aに堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜49を形成することができ、復元タービン動翼1Bの製造が終了する。

[0073] なお、前述の第2の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法は、第1の実施形態に係わる機械部品の修理方法と同様に、実施形態の変更することが可能である。

[0074] 次に、第2の実施形態の作用について説明する。

[0075] 肉盛47は放電エネルギーにより形成されるため、肉盛47の範囲を放電が生じる範

囲に限定することができ、肉盛47を形成する際に余肉が生じることがない。

- [0076] また、肉盛47は放電エネルギーにより形成されてあって、放電エネルギーは極めて小さい箇所に局所的に作用するため、肉盛47を形成する際における翼5の先端部の温度上昇を十分に抑えることができる。
- [0077] 更に、薄膜45、肉盛47、及び硬質薄膜49は、放電エネルギーにより形成されるため、薄膜45と翼5の母材との境界部分、肉盛47と薄膜45との境界部分、及び硬質薄膜49と肉盛47との境界部分は、それぞれ、組成比が傾斜する構造になっており、硬質薄膜49及び肉盛47を翼5の母材に薄膜45を介して強固に結合させることができる。
- [0078] また、放電エネルギーにより薄膜45をポーラス状態から高密度状態に変化させると共に、放電エネルギーにより肉盛47の表側に高密度の薄膜47aを形成しているため、肉盛47の表側及び裏側の通気性をなくして、復元タービン動翼1Bの耐酸化性を高めることができる。
- [0079] 更に、前記(2-6)硬質薄膜工程が終了した後にピーニング工程を加えた場合にあっては、肉盛47の表側に残留圧縮応力を与えることができ、肉盛47の疲労強度を高めることができる。
- [0080] 以上の如き、第2の実施形態によれば、肉盛47の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛47を形成する際に余肉が生じることがないため、肉盛47を形成した後における厄介な作業を減らすことができ、復元タービン動翼1Bの製造に要する時間を短くすることができる。特に、同一の放電加工機11によって全ての前記(2-1)除去工程から前記(2-6)硬質薄膜工程まで進行するため、前記製造に要する時間がより一短くすることができる。
- [0081] また、肉盛47を形成する際における翼5の先端部の温度上昇を十分に抑えることができるため、肉盛47を形成した後に、翼5の先端部に熱収縮による割れが生じることがなくなつて、復元タービン動翼1Bの製造不良を極力無くすることができる。
- [0082] 更に、硬質薄膜49及び肉盛47を翼5の母材に薄膜45を介して強固に結合させることができるため、硬質薄膜49及び肉盛47が翼5の母材から剥離し難くなつて、復元タービン動翼1Bの品質を安定させることができる。



- [0083] また、復元タービン動翼1Bの耐酸化性及びを高めることができるため、復元タービン動翼1Bの品質を向上させることができる。特に、前記(2-6)硬質薄膜工程が終了した後、ピーニング工程を加えた場合にあっては、肉盛47の疲労強度を高めることができるため、復元タービン動翼1Bの品質をより向上させることができる。
- [0084] 更に、復元タービン動翼1Bをガスタービンエンジン3に用いた場合に、翼5の母材と硬質薄膜49との熱膨張差が生じて、ポラスな肉盛47によって硬質薄膜49の割れが抑制されると共に、仮に硬質薄膜49の割れが生じて、硬質薄膜49の割れが翼5の母材にまで拡大することを防ぐことができる。
- [0085] (第3の実施形態)
- まず、図1及び図8を参照して、第3の実施形態に係わるタービン動翼59について説明する。
- [0086] 第3の実施形態に係わるタービン動翼59は、ガスタービンエンジン3に用いられるものであって、ガスタービンエンジン3の軸心3cを中心として回転可能である。また、タービン動翼59は、導電性のある部品本体としての動翼本体61を具備しており、この動翼本体61は、翼63と、翼63の基端に形成されたプラットホーム65と、このプラットホーム65に形成されたダブテール67とからなっている。ここで、ダブテール67は、ガスタービンエンジン3の構成要素であるタービンディスク(図示省略)のダブテール溝(図示省略)に嵌合可能である。そして、翼63の先端部には、薄膜69を介してポラスな肉盛71が形成されており、肉盛71には、アブレイシブ性のある硬質薄膜73が形成されている。
- [0087] なお、翼63の先端部が、動翼本体61の被処理部になっている。
- [0088] 次に、図3、図9(a)、図9(b)、図9(c)、図10(a)、図10(b)、図10(c)を参照して、第3の実施形態に係わる機械部品の製造方法について説明する。
- [0089] 第3の実施形態に係わる機械部品の製造方法は、前記機械部品としてのタービン動翼59を製造するための方法であって、以下に示すような(3-1)本体成形工程、(3-2)薄膜工程と、(3-3)薄膜変化工程と、(3-4)肉盛工程と、(3-5)仕上げ工程と、(3-6)硬質薄膜工程とを具備している。また、第3の実施形態に係わる機械部品の製造方法にあっては、前述の放電加工機、成形電極、硬質成形電極、及び硬質電極

を用いる。

[0090] (3-1) 本体成形工程

図9(a)に示すように、鍛造又は鋳造によって動翼本体61の大部分から成形する。そして、研削加工等の機械加工によって例えばダブテール67の外形部分等、動翼本体61の残りの部分を形成する。更に、動翼本体61における翼63の先端部以外の部分に、例えばアルミナイズコート等の耐酸化コートを形成することもある。

[0091] (3-2) 薄膜工程

翼63の先端部が上を向くように、前記部品本体としての動翼本体61を治具27にセットする。次に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、翼63の先端部と成形電極35が対向するように動翼本体61の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0092] そして、電気絶縁性のある液S中において、翼63の先端部と成形電極35との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図9(b)に示すように、その放電エネルギーにより、成形電極35の材料或いは該材料の反応物質を翼63の先端部に堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな薄膜69を形成することができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって成形電極35を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0093] (3-3) 薄膜変化工程

前記(3-2)薄膜工程が終了した後に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、薄膜69と硬質電極41が対向するように動翼本体61の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0094] そして、電気絶縁性のある液S中において、薄膜69と硬質電極41との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図9(c)に示すように、薄膜69をポーラス状態から高密度状態に変化させることができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって硬質電極41を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0095] (3-4) 肉盛工程

前記(3-3)薄膜変化工程が終了した後に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、薄膜69と成形電極35が対向するように動翼本体61の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0096] そして、電気絶縁性のある液S中において、薄膜69と成形電極35との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図10(a)に示すように、放電エネルギーにより、成形電極35の材料或いは該材料の反応物質を高密度の薄膜69に堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな肉盛71を形成することができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって成形電極35を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0097] ここで、薄膜69と成形電極37との間にパルス状の放電を発生させると、図11に示すように、成形電極35の一部分であって放電方向からみたときに翼63の先端部からはみ出した部分が消耗するように、成形電極35の先端部の形状は翼5の先端部の形状よりも僅かに大きいものである。なお、成形電極35のはみ出し量 $t$ は、0.02mm以上0.3mm以下であることが望ましい。

[0098] (3-5) 仕上げ工程

前記(3-4)肉盛工程が終了した後に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、肉盛71と硬質電極41が対向するように動翼本体61の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

[0099] そして、電気絶縁性のある液S中において、肉盛71と硬質電極41との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図10(b)に示すように、放電エネルギーにより、ポーラスな肉盛71の表側を溶融して、肉盛71の表側に高密の薄膜71aを形成しつつ、肉盛71の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ33の駆動によって硬質電極41を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0100] (3-6) 硬質薄膜工程

前記(3-5)仕上げ工程が終了した後に、第1ホルダ39から成形電極35を取り外して、硬質成形電極37を第1ホルダ39に保持させる。次に、X軸サーボモータ19及びY軸サーボモータ21の駆動によってテーブル17をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、肉盛71と硬質成形電極37が対向するように動翼本体61の位置決めを行う。なお、テーブル17をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。

- [0101] そして、電気絶縁性のある液S中において、肉盛71と硬質成形電極37との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図10(c)に示すように、放電エネルギーにより、硬質成形電極37の材料或いは該材料の反応物質を高密度の薄膜71aに堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜73を形成することができ、タービン動翼59の製造が終了する。
- [0102] なお、前述の第3の実施形態に係わる機械部品の製造方法は、次のように実施形態の変更することが可能である。
- [0103] 即ち、第3の実施形態に係わる機械部品の修理方法における一連の工程の中から、前記(3-1)薄膜工程と前記(3-2)薄膜変化工程を省略したり、前記(3-6)硬質薄膜工程を省略したりすることも可能である。
- [0104] また、電気絶縁性のある液S中において、パルス状の放電を発生させる代わりに、電気絶縁性のある気中において、パルス状の放電を発生させるようにしても差し支えない。
- [0105] 更に、硬質成形電極37の代わりに、図10(c)に示すように、Siの固形物、Siの粉末からプレスによる圧縮によって成形した成形体、或いは真空炉等によって加熱処理した前記成形体により構成されるSi電極51を用いてもよい。そして、この場合には、アルカン炭化水素を含む電気絶縁性のある液中において、パルス状の放電を発生させる。なお、Si電極51は、圧縮によって成形する代わりに、泥漿鑄込み、MIM(Metal Injection Molding)、溶射等によって成形しても差し支えない。
- [0106] また、放電加工機11の代わりに、研削盤を用いて、肉盛71の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行っても差し支えない。
- [0107] 更に、前記(3-6)硬質薄膜工程が終了した後に、硬質薄膜73の表側にピーニング処理を施すピーニング工程を加えても差し支えない。

- [0108] 次に、第3の実施形態の作用について説明する。
- [0109] 肉盛71は放電エネルギーにより形成されるため、肉盛71の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛71を形成する際に余肉が生じることがない。
- [0110] また、肉盛71は放電エネルギーにより形成されてあって、放電エネルギーは翼63の先端部の極めて小さい箇所に局所的に作用するため、肉盛71を形成する際における翼63の先端部の温度上昇を十分に抑えることができる。
- [0111] 更に、薄膜69、肉盛71、及び硬質薄膜73は、放電エネルギーにより形成されるため、薄膜69と翼63の母材との境界部分、肉盛71と薄膜69との境界部分、及び硬質薄膜73と肉盛71との境界部分は、それぞれ、組成比が傾斜する構造になっており、硬質薄膜73及び肉盛71を翼63の母材に薄膜69を介して強固に結合させることができる。
- [0112] また、放電エネルギーにより薄膜69をポーラス状態から高密度状態に変化させると共に、放電エネルギーにより肉盛71の表側に高密度の薄膜71aを形成しているため、肉盛71の表側及び裏側の通気性をなくして、タービン動翼59の耐酸化性を高めることができる。
- [0113] 更に、前記(3-6)硬質薄膜工程が終了した後にピーニング工程を加えた場合にあっては、肉盛71の表側に残留圧縮応力を与えることができ、肉盛71の疲労強度を高めることができる。
- [0114] 以上の如き、第3の実施形態によれば、肉盛71の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛71を形成する際に余肉が生じることがないため、肉盛71を形成した後に厄介な作業を減らすことができ、タービン動翼59の製造に要する時間を短くすることができる。特に、同一の放電加工機11によって前記(3-2)薄膜工程から前記(3-6)硬質薄膜工程まで進行するため、前記製造に要する時間がより一短くすることができる。
- [0115] また、肉盛71を形成する際における翼63の先端部の温度上昇を十分に抑えることができるため、肉盛71を形成した後に、翼63の先端部に熱収縮による割れが生じることがなくなつて、タービン動翼59の製造不良を極力無くすることができる。
- [0116] 更に、硬質薄膜73及び肉盛71を翼63の母材に薄膜69を介して強固に結合させ

ることができるため、硬質薄膜73及び肉盛71が翼63の母材から剥離し難くなって、タービン動翼59の品質を安定させることができる。

[0117] また、肉盛71の表側及び裏側の通気性をなくして、タービン動翼59の耐酸化性を高めることができるため、タービン動翼59の品質を向上させることができる。特に、前記(3-6)硬質薄膜工程が終了した後にピーニング工程を加えた場合にあっては、肉盛71の疲労強度を高めることができるため、タービン動翼59の品質をより向上させることができる。

[0118] 更に、タービン動翼59をガスタービンエンジン3に用いた場合に、翼63の母材と硬質薄膜73との熱膨張差が生じて、ポラスな肉盛71によって硬質薄膜73の割れが抑制されると共に、仮に硬質薄膜73の割れが生じて、硬質薄膜73の割れが翼63の母材にまで拡大することを防ぐことができる。

[0119] (変形例)

図12、図2を参照して、第3の実施形態の変形例について説明する。

[0120] 変形例に係わるタービン動翼75は、タービン動翼59と同様に、図2に示すようなガスタービンエンジン3に用いられるものであって、ガスタービンエンジン3の軸心3cを中心として回転可能である。

[0121] また、タービン動翼75は、導電性のある部品本体としての動翼本体77を具備しており、この動翼本体77は、翼63と、プラットホーム65と、ダブテール67と、翼63の先端に形成されたシュラウド79とからなっている。ここで、シュラウド79は、一対のチップシール81を備えている。そして、各チップシール81の先端部には、高密度の薄膜83を介してポラスな肉盛85が形成されており、肉盛85には、アブレイシブ性のある硬質薄膜87が形成されている。

[0122] なお、シュラウド79における一対のチップシール81の先端部が、タービン動翼53の被修理部になっている。

[0123] そして、変形例に係わるタービン動翼75についても、第3の実施形態に係わる機械部品の製造方法によって製造することができ、変形例においても、前述の第3の実施形態の作用及び効果と同様の作用及び効果を奏するものである。

[0124] (第4の実施形態)

まず、図13及び図2を参照して、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法の対象であるタービン動翼89について簡単に説明する。

[0125] 第4の実施形態に係わるタービン動翼89は、導電性のある機械部品の1つであって、修理を施すことによってガスタービンエンジン3に再び用いられるものである。

[0126] また、タービン動翼89は、翼91と、この翼91の基端に形成されたプラットホーム93と、このプラットホーム93に形成されたダブテール95と、翼91の先端に形成されたシュラウド97とを備えている。ここで、ダブテール95は、ガスタービンエンジン3の構成要素であるタービンディスク(図示省略)のダブテール溝(図示省略)に嵌合可能であって、シュラウド97は、一対の擦動面97fを有している。

[0127] なお、タービン動翼89における擦動面97fは、隣接するタービン動翼89'における擦動面97fとの擦動によってクラック等の欠陥D(図15A参照)が生じ易く、シュラウド97における一対の擦動面97fが、被修理部になっている。

[0128] 次に、図14を参照して、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法に使用する放電加工機99について説明する。

[0129] 第4の実施形態に係わる放電加工機99は、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法等の実施に使用される機械であって、X軸方向及びY軸方向へ延びたベッド101を具備しており、このベッド101には、Z軸方向へ延びたコラム103が設けられている。

[0130] ベッド101には、X軸方向へ延びた一対のX軸ガイド105が設けられており、一対のX軸ガイド105には、スライダ107がX軸サーボモータ109の駆動によりX軸方向へ移動可能に設けられている。また、スライダ107にはY軸方向へ延びた一対のY軸ガイド111が設けられており、一対のY軸ガイド111には、テーブル113がY軸サーボモータ115の駆動によりY軸方向へ移動可能に設けられている。なお、X軸サーボモータ109の駆動によってスライダ107がX軸方向へ移動することにより、テーブル113もX軸方向へ移動するものである。

[0131] テーブル113には、油等、電気絶縁性のある液Sを貯留する加工槽117が設けられており、この加工槽117内には、支持プレート119が設けられている。この支持プレート119には、タービン動翼89等の機械部品又は後述の機械部品における部品

本体をセット可能な治具121が設けられている。なお、治具121は、電源123に電氣的に接続されている。

[0132] コラム103には、Z軸方向へ延びた一対のZ軸ガイド125が設けられており、一対のZ軸ガイド125には、加工ヘッド127がZ軸サーボモータ129の駆動によりZ軸方向へ移動可能に設けられている。また、加工ヘッド127には、成形電極131を保持する第1ホルダ133が設けられており、加工ヘッド127における第1ホルダ133の近傍には、耐消耗性のある硬質電極135を保持する第2ホルダ137が設けられている。なお、第1ホルダ133及び第2ホルダ137は、電源123に電氣的に接続されている。

[0133] ここで、成形電極131は、クロムを含むコバルト合金の粉末、クロムを含むコバルト合金の粉末とセラミックスの粉末と合金の粉末との混合粉末、Tiの粉末、又はTiCの粉末のうちのいずれかの1種の粉末又は2種以上の粉末からプレスによる圧縮によって成形した成形体、或いは真空炉等によって加熱処理した前記成形体により構成されるものである。なお、成形電極131は、圧縮によって成形する代わりに、泥漿鑄込み、MIM(Metal Injection Molding)、溶射等によって成形しても差し支えない。

[0134] そして、成形電極131を構成する前記セラミックスには、cBN, TiC, TiAlN, AlN, TiB<sub>2</sub>, WC, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, SiC, ZrC, VC, B<sub>4</sub>C, VN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, ZrO<sub>2</sub>-Y, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>等が含まれる。なお、成形電極131を構成するクロムを含むコバルト合金は、Crを10%以上含有し、Niを20%以上含有しないことが望ましい。

[0135] 一方、硬質電極135は、第1の実施形態に係わる硬質電極41と同様に、グラファイト、タングステン合金、又は銅合金の固形物により構成されるものである。

[0136] なお、加工ヘッド127に第1ホルダ133及び第2ホルダ137が設けられる代わりに、図15に示すような交換ユニット139を用いて、加工ヘッド127に対して第1ホルダ133と第2ホルダ137の交換を行うようにしてもよい。

[0137] 即ち、図15に示すように、ベッド101には、支柱141が立設されており、この支柱141には、アーム143が交換サーボモータ145の駆動により垂直軸147を中心として回転可能に設けられている。また、アーム143の一端には、第1ホルダ133を把持する第1ハンド149が設けられており、アーム143の他端には、第2ホルダ137を把持する第2ハンド151が設けられている。なお、加工ヘッド127には、図示は省略するが、



第1ホルダ133、第2ホルダ137のうちのいずれかのホルダを把持する把持機構を備えている。

[0138] 従って、交換サーボモータ145の駆動によりアーム143を垂直軸147を中心として回転させて、空の第1ハンド149を加工ヘッド127に近接させる。次に、第1ハンド149によって加工ヘッド127に装着された第1ホルダ133を把持し、加工ヘッド127による装着状態を解除する。更に、交換サーボモータ145の駆動によりアーム143を垂直軸147を中心として回転させて、第1ハンド149を加工ヘッド127から離隔せると共に、第2ホルダ137を把持した第2ハンド151を加工ヘッド127に近接させる。そして、加工ヘッド127により第2ホルダ137を把持し、第2ハンド151の把持状態を解除する。これによって、第2ホルダ137を第1ホルダ133と交換して加工ヘッド127に対して装着することができる。

[0139] また、前述と同様に操作することにより、第1ホルダ133を第2ホルダ137と交換して加工ヘッド127に対して装着することができる。

[0140] なお、アーム143を回転させる際に、第1ホルダ133又は第2ホルダ137が加工ヘッド127に干渉しないように、Z軸サーボモータ129の駆動によって加工ヘッド127をZ軸方向へ移動させておく。

[0141] 次に、図14、図15、図16(a)、図16(b)、図16(c)、図17(a)、図17(b)を参照して、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法について説明する。

[0142] 第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法は、タービン動翼89における一对の擦動面97fを修理するための方法であって、以下に示すような(4-1)除去工程と、(4-2)肉盛工程と、(4-3)仕上げ工程と、(4-4)繰り返し工程とを具備している。

[0143] (4-1) 除去工程

図16(a)に示すように、タービン動翼89における一方の擦動面97fが上方向を向くように、前記機械部品としてのタービン動翼89を治具121にセットする。

[0144] 次に、X軸サーボモータ109及びY軸サーボモータ115の駆動によってテーブル113をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、一方の擦動面97fと硬質電極135が対向するようにタービン動翼89の位置決めを行う。なお、テーブル113をX軸方向とY軸方向のうちのいずれかの方向に移動させるだけで足りる場合もある。また、タ

ービン動翼89の位置決めを行う代わりに、交換ユニット139によって第2ホルダ137を第1ホルダ133と交換して加工ヘッド127に装着するようにしても差し支えない。

- [0145] そして、電気絶縁性のある液S中において、一方の擦動面97fと硬質電極135との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図16(b)に示すように、放電エネルギーにより、一方の擦動面97fに生じたクラック等の欠陥Dを除去することができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ129の駆動によって硬質電135を加工ヘッド127と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。また、シュラウド97における欠陥Dが除去された部位は、除去部97eという。

- [0146] (4-2)肉盛工程

前記(4-1)除去工程が終了した後に、X軸サーボモータ109及びY軸サーボモータ115の駆動によってテーブル113をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、シュラウド97の除去部97eと成形電極131が対向するようにタービン動翼89の位置決めを行う。なお、テーブル113をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。また、タービン動翼89の位置決めを行う代わりに、交換ユニット139によって第1ホルダ133を第2ホルダ137と交換して加工ヘッド127に装着するようにしても差し支えない。

- [0147] そして、電気絶縁性のある液S中において、シュラウド97の除去部97eと成形電極131との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図16(c)に示すように、その放電エネルギーにより、成形電極131の材料或いは該材料の反応物質をシュラウド97の除去部97eに堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな肉盛153を形成することができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ129の駆動によって成形電極131を加工ヘッド127と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

- [0148] (4-3) 仕上げ工程

前記(4-2)肉盛工程が終了した後に、X軸サーボモータ109及びY軸サーボモータ115の駆動によってテーブル113をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、肉盛153と硬質電極135が対向するようにタービン動翼89の位置決めを行う。なお、テーブル113をX軸方向へ移動させるだけで足りる場合もある。また、タービン動翼8

9の位置決めを行う代わりに、交換ユニット139によって第2ホルダ137を第1ホルダ133と交換して加工ヘッド127に装着するようにしても差し支えない。

[0149] そして、電気絶縁性のある液S中において、肉盛153と硬質電極135との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図17(a)に示すように、放電エネルギーにより、ポーラスな肉盛153の表側を溶融して、肉盛153の表側に高密度の薄膜153aを形成しつつ、肉盛153の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことができる。なお、パルス状の放電を発生させる際に、Z軸サーボモータ129の駆動によって硬質電135を加工ヘッド127と一体的にZ軸方向へ僅かな移動量だけ往復させる。

[0150] (4-4) 繰り返し工程

前記(4-3)仕上げ工程が終了した後に、治具121からタービン動翼89を一旦取外して、シュラウド97における他方の擦動面97fが上方向を向くように、タービン動翼89を治具121にセットする。そして、前記(4-2)除去工程から前記(4-3)仕上げ工程まで、前述と同様に繰り返すことにより、図17(b)に示すように、シュラウド97における一対の擦動面97fの修理が終了する。

[0151] なお、前述の第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法は、次のように実施形態の変更することが可能である。

[0152] 即ち、電気絶縁性のある液S中において、パルス状の放電を発生させる代わりに、電気絶縁性のある気中において、パルス状の放電を発生させるようにしても差し支えない。

[0153] また、放電加工機99の代わりに、研削盤を用いて、シュラウド97における一対の擦動面97fの欠陥Dを除去したり、肉盛153の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行ったりしても差し支えない。

[0154] 更に、前記(4-3)仕上げ工程の後に、肉盛153の表側にピーニング処理を施すピーニング工程を加えても差し支えない。

[0155] 次に、第4の実施形態の作用について説明する。

[0156] 肉盛153は放電エネルギーにより形成されるため、肉盛153の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛153を形成する際に余肉が生じることがない。また、同じ理由により、肉盛153とシュラウド97の母材との境界部分は、組成比が傾斜する

構造になっており、肉盛153をシュラウド97の母材に強固に結合させることができる。

[0157] 更に、前記(4-3)仕上げ工程の後にピーニング工程を加えた場合にあっては、肉盛153の表側に残留圧縮応力を与えることができ、肉盛153の疲労強度を高めることができる。

[0158] また、肉盛153は放電エネルギーにより形成されてあって、放電エネルギーはシュラウド97の除去部97eにおける極めて小さい箇所にも局部的に作用するため、肉盛153を形成する際におけるシュラウド97の擦動面97f付近の温度上昇を十分に抑えることができる。

[0159] 以上の如き、第4の実施形態によれば、肉盛153の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛153を形成する際に余肉が生じることがないため、肉盛153を形成した後における厄介な作業を減らすことができ、シュラウド97における一對の擦動面97fの修理に要する時間を短くすることができる。特に、同一の放電加工機99によって全ての前記(4-1)除去工程から前記(4-4)繰り返し工程まで進行するため、前記修理に要する時間がより一短くすることができる。

[0160] また、肉盛153を形成する際におけるシュラウド97における擦動面97f付近の温度上昇を十分に抑えることができるため、肉盛153を形成した後に、シュラウド97における擦動面97fに熱収縮による割れが生じることがなくなって、タービン動翼89の修理不良を極力無くすることができる。

[0161] 更に、肉盛153とシュラウド97の母材とを強固に結合させることができるため、肉盛153がシュラウド97の母材から剥離し難くなって、修理済みのタービン動翼89の品質を安定させることができる。

[0162] また、前記(4-3)仕上げ工程の後にピーニング工程を加えた場合にあっては、肉盛153の疲労強度を高めることができるため、修理済みのタービン動翼89の品質を向上させることができる。

[0163] (第5の実施形態)

図2、図13から図15、図16(a)、図16(b)、図16(c)、図17(a)、図17(b)、図17Cを参照して第5の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法について説明する。

[0164] 第5の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法は、図16(a)に示す原機械部

品としての原タービン動翼89Aから図17(b)に示す復元機械部品としての復元タービン動翼89Bを製造するための発明であって、換言すれば、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法を別の観点から捉えた発明である。そして、第5の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法にあっても、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法の発明と同様に、(5-1)除去工程と、(5-2)肉盛工程と、(5-3)仕上げ工程と、(5-4)繰り返し工程とを具備している。また、第5の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法にあっては、前述の放電加工機99、成形電極131、及び硬質電極135を用いている。

[0165] なお、なお、復元タービン動翼89Bは、図2に示すガスタービンエンジン3に用いられるものであって、ガスタービンエンジン3の軸心を中心として回転可能である。また、シュラウド97における一对の擦動面97fが、原タービン動翼89Aの被処理部になっている。

[0166] (5-1) 除去工程

図16(a)に示すように、原タービン動翼89Aにおける一方の擦動面97fが上方方向を向くように、前記原機械部品としての原タービン動翼89Aを治具121にセットする。次に、テーブル113をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、一方の擦動面97fと硬質電極135が対向するように原タービン動翼89Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、一方の擦動面97fと硬質電極135との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図16(b)に示すように、放電エネルギーにより、一方の擦動面97fに生じたクラック等の欠陥Dを除去することができる。なお、シュラウド97における欠陥Dが除去された部位は、除去部97eという。

[0167] (5-2) 肉盛工程

前記(5-1)除去工程が終了した後に、テーブル113をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、シュラウド97の除去部97eと成形電極131が対向するように原タービン動翼89Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、シュラウド97の除去部97eと成形電極131との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図16(c)に示すように、その放電エネルギーにより、成形電極131の材料或いは該材料の反応物質をシュラウド97の除去部97eに堆積、拡散、及び／又は溶着

させて、ポーラスな肉盛153を形成することができる。

[0168] (5-3) 仕上げ工程

前記(5-2)肉盛工程が終了した後に、テーブル113をX軸方向及びY軸方向へ移動させることにより、肉盛153と硬質電極135が対向するように原タービン動翼89Aの位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある液S中において、肉盛153と硬質電極135との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図17(a)に示すように、放電エネルギーにより、ポーラスな肉盛153の表側を溶融して、肉盛153の表側に高密度の薄膜153aを形成しつつ、肉盛153の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことができる。

[0169] (5-4) 繰り返し工程

前記(5-3)仕上げ工程が終了した後に、治具121から原タービン動翼89Aを一旦取外して、シュラウド97における他方の擦動面97fが上方向を向くように、原タービン動翼89Aを治具121にセットする。そして、前記(5-2)除去工程から前記(5-3)仕上げ工程まで、前述と同様に繰り返すことにより、図17(b)に示すように、復元機械部品としての復元タービン動翼89Bの製造が終了する。

[0170] なお、第5の実施形態に係わる復元機械部品の製造方法は、第4の実施形態に係わる機械部品の修理方法と同様に、実施形態の変更することが可能である。

[0171] 次に、第5の実施形態の作用について説明する。

[0172] 肉盛153は放電エネルギーにより形成されるため、肉盛153の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛153を形成する際に余肉が生じることがない。また、同じ理由により、肉盛153とシュラウド97の母材との境界部分は、組成比が傾斜する構造になっており、肉盛153をシュラウド97の母材に強固に結合させることができる。

[0173] 更に、前記(5-3)仕上げ工程の後にピーニング工程を加えた場合にあつては、肉盛153の表側に残留圧縮応力を与えることができ、肉盛153の疲労強度を高めることができる。

[0174] また、肉盛153は放電エネルギーにより形成されてあつて、放電エネルギーはシュラウド97の除去部97eにおける極めて小さい箇所にも局所的に作用するため、肉盛153を形成する際におけるシュラウド97の擦動面97f付近の温度上昇を十分に抑えるこ

とができる。

- [0175] 以上の如き、第5の実施形態によれば、肉盛153の範囲を放電が生じる範囲に限定することができ、肉盛153を形成する際に余肉が生じることがないため、肉盛153を形成した後における厄介な作業を減らすことができ、復元タービン動翼89Bの製造に要する時間を短くすることができる。特に、同一の放電加工機99によって全ての前記(5-1)除去工程から前記(5-4)繰り返し工程まで進行するため、前記製造に要する時間がより一短くすることができる。
- [0176] また、肉盛153を形成する際におけるシュラウド97における擦動面97f付近の温度上昇を十分に抑えることができるため、肉盛153を形成した後に、シュラウド97における擦動面97fに熱収縮による割れが生じることがなくなって、復元タービン動翼89Bの製造不良を極力無くすることができる。
- [0177] 更に、肉盛153をシュラウド97の母材に強固に結合させることができるため、肉盛153がシュラウド97の母材から剥離し難くなって、復元タービン動翼89Bの品質を安定させることができる。
- [0178] また、前記(5-3)仕上げ工程の後にピーニング工程を加えた場合にあつては、肉盛153の疲労強度を高めることができるため、復元タービン動翼89Bの品質を向上させることができる。
- [0179] 以上のように、本発明をいくつかの好ましい実施形態により説明したが、本発明に包含される権利範囲は、これらの実施形態に限定されないものである。
- [0180] また、2003年6月11日に日本国特許庁に出願された特願2003-167074号の内容、2003年6月11日に日本国特許庁に出願された特願2003-167073号の内容、2003年6月11日に日本国特許庁に出願された特願2003-167076号の内容は、参照により本願の内容に引用されたものとする。

### 請求の範囲

- [1] 導電性のある機械部品の被修理部を修理するための機械部品の修理方法であつて、
- 前記機械部品の前記被修理部に生じた欠陥を除去する除去工程と；
- 前記除去工程が終了した後に、金属の粉末、或いは金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記機械部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記機械部品の前記除去部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな肉盛を形成する肉盛工程と；
- を具備したことを特徴とする機械部品の修理方法。
- [2] 前記肉盛工程が終了した後に、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う仕上げ工程と；
- を具備したことを特徴とする請求項1に記載の機械部品の修理方法。
- [3] 前記仕上げ工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側を溶融して、前記肉盛の表側に高密度の薄膜を形成しつつ、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする請求項2に記載の機械部品の修理方法。
- [4] 前記仕上げ工程が終了した後に、前記肉盛の表側にピーニング処理を施すピーニング工程と；
- を具備したことを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の機械部品の修理方法。
- [5] 前記仕上げ工程が終了した後に、金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末、或いは導電性のあるセラミックスの粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される硬質成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側に前記硬質成形電極の材料或いは該材料



の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜を形成する硬質薄膜工程と；

を具備したことを特徴とする請求項2から請求項4のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の修理方法。

- [6] 前記仕上げ工程が終了した後に、Siの固形物、Siの粉末から成形した圧縮粉末、或いは加熱処理した前記圧縮粉末からなるSi電極を用い、アルカン炭化水素を含む電気絶縁性のある液中において、前記肉盛と前記Si電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側に前記Si電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜を形成する硬質薄膜工程と；

を具備したことを特徴とする請求項2から請求項4のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の修理方法。

- [7] 前記除去工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記硬質電極と前記機械部品の前記被修理部との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記機械部品の前記被修理部に生じた前記欠陥を除去することを特徴とする請求項1から請求項6のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の修理方法。

- [8] 前記除去工程が終了した後に、前記成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記機械部品の前記除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記機械部品の前記除去部に前記成形電極の材料を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな薄膜を形成する薄膜工程と；

前記薄膜工程が終了した後であつて前記肉盛工程を開始する前に、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記薄膜と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記薄膜を溶融して、前記薄膜をポーラス状態から高密度状態に変化させる薄膜変化工程と；

を具備したことを特徴とする請求項1から請求項7のうちのいずれかの請求項に記載

載の機械部品の修理方法。

- [9] 前記硬質電極は、グラファイト、タングステン合金、又は銅合金の固形物により構成されることを特徴とする請求項3、請求項7、請求項8のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の修理方法。
- [10] 前記機械部品の前記除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させると、前記成形電極の一部分であって放電方向からみたときに前記機械部品の前記除去部からはみ出した部分が消耗するように、前記成形電極の先端部の形状は前記機械部品の前記除去部の形状よりも僅かに大きいものであることを特徴とする請求項1から請求項9のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の修理方法。
- [11] 前記機械部品はガスタービンエンジンのエンジン部品であることを特徴とする請求項1から請求項10のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の修理方法。
- [12] 導電性のある原機械部品から復元機械部品を製造するための復元機械部品の製造方法であって、  
前記原機械部品の被処理部に生じた欠陥を除去する除去工程と；  
前記除去工程が終了した後に、金属の粉末、或いは金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記原機械部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記原機械部品の前記除去部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな肉盛を形成する肉盛工程と；  
を具備したことを特徴とする復元機械部品の製造方法。
- [13] 前記肉盛工程が終了した後に、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う仕上げ工程と；  
を具備したことを特徴とする請求項12に記載の復元機械部品の製造方法。
- [14] 前記仕上げ工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側を熔融して、前記肉盛の表側

に高密度の薄膜を形成しつつ、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする請求項13に記載の復元機械部品の製造方法。

- [15] 前記仕上げ工程が終了した後に、前記肉盛の表側にピーニング処理を施すピーニング工程と；

を具備したことを特徴とする請求項13又は請求項14に記載の復元機械部品の製造方法。

- [16] 前記仕上げ工程が終了した後に、金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末、或いは導電性のあるセラミックスの粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される硬質成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側に前記硬質成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜を形成する硬質薄膜工程と；

を具備したことを特徴とする請求項13から請求項15のうちのいずれかの請求項に記載の復元機械部品の製造方法。

- [17] 前記仕上げ工程が終了した後に、Siの固形物、Siの粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成されるSi電極を用い、アルカン炭化水素を含む電気絶縁性のある液中において、前記肉盛と前記Si電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側に前記Si電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜を形成する硬質薄膜工程と；

を具備したことを特徴とする請求項13から請求項15のうちのいずれかの請求項に記載の復元機械部品の製造方法。

- [18] 前記除去工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記硬質電極と前記原機械部品の前記被処理部との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記原機械部品の前記被処理部に生じた前記欠陥を除去することを特徴とする請求項12から請求項17のうちのいずれかの請求項に記載の復元機械部品の製造方法。

- [19] 前記除去工程が終了した後に、前記成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記原機械部品の前記除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記原機械部品の前記除去部に前記成形電極の材料を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな薄膜を形成する薄膜工程と；

前記薄膜工程が終了した後であって前記肉盛工程を開始する前に、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記薄膜と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記薄膜を溶融して、ポーラス状から高密度状態に変化させる薄膜変化工程と；

を具備したことを特徴とする請求項12から請求項18のうちのいずれかの請求項に記載の復元機械部品の製造方法。

- [20] 前記原機械部品の前記被処理部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させると、前記成形電極の一部分であって放電方向からみたときに前記原機械部品の前記被処理部からはみ出した部分が消耗するように、前記成形電極の断面形状は前記原機械部品の前記被処理部の外形状よりも僅かに大きいものであることを特徴とする請求項12から請求項19のうちのいずれかの請求項に記載の復元機械部品の製造方法。

- [21] 前記原機械部品はガスタービンエンジンの原エンジン部品であることを特徴とする請求項12から請求項20のうちのいずれかの請求項に記載の復元機械部品の製造方法。

- [22] 導電性のある部品本体と、この部品本体の被処理部に形成されたポーラスな肉盛とを備えた機械部品を製造するための機械部品の製造方法であって、

前記部品本体から成形する本体工程と；

前記本体工程が終了した後に、金属の粉末、或いは金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記部品本体の前記被処理部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記部品本体の前記被処理部に前記成形電極の材料或いは該材料

の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、前記肉盛を形成する肉盛工程と；

を具備したことを特徴とする機械部品の製造方法。

- [23] 前記肉盛工程が終了した後に、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う仕上げ工程と；

を具備したことを特徴とする請求項22に記載の機械部品の製造方法。

- [24] 前記仕上げ工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側を溶融して、前記肉盛の表側に高密度の薄膜を形成しつつ、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする請求項23に記載の機械部品の製造方法。

- [25] 前記仕上げ工程が終了した後に、前記肉盛の表側にピーニング処理を施すピーニング工程と；

を具備したことを特徴とする請求項23又は請求項24に記載の機械部品の製造方法。

- [26] 前記部品工程にあつては、鍛造又は鋳造によって前記部品本体の大部分から成形し、機械加工によって前記部品本体の残りの部分から成形する工程であることを特徴とする請求項22から請求項25のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の製造方法。

- [27] 前記仕上げ工程が終了した後に、金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末、或いは導電性のあるセラミックスの粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される硬質成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側に前記硬質成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜を形成する硬質薄膜工程と；

を具備したことを特徴とする請求項23から請求項26のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の製造方法。

- [28] 前記仕上げ工程が終了した後に、Siの固形物、Siの粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成されるSi電極を用い、アルカン炭化水素を含む電気絶縁性のある液中において、前記肉盛と前記Si電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側に前記Si電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、アブレイシブ性のある硬質薄膜を形成するアブレイシブ薄膜形成工程と；
- を具備したことを特徴とする請求項23から請求項26のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の製造方法。
- [29] 前記本体成形工程が終了した後であって前記肉盛工程を開始する前に、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記部品本体の前記被処理部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記部品本体の前記被処理部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、ポーラスな薄膜を形成する薄膜工程と；
- 前記薄膜工程が終了した後であって前記肉盛工程を開始する前に、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記薄膜と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記薄膜を溶融して、ポーラス状態から高密度状態に変化させる薄膜変換工程と；
- を具備したことを特徴とする請求項22から請求項28のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の製造方法。
- [30] 前記部品本体の前記被処理部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させると、前記成形電極の一部分であって放電方向からみたときに前記部品本体の前記被処理部からはみ出した部分が消耗するように、前記成形電極の先端部の形状は前記部品本体の前記被処理部の形状よりも僅かに大きいものであることを特徴とする請求項22から請求項29のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の製造方法。
- [31] 前記機械部品はガスタービンエンジンのエンジン部品であることを特徴とする請求項22から請求項30のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の製造方法。
- [32] 請求項22から請求項30のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の製造方法

により製造されたことを特徴とする機械部品。

[33] 請求項31に記載の機械部品の製造方法により製造されたことを特徴とする機械部品。

[34] 請求項34に記載の機械部品を具備したことを特徴とするガスタービンエンジン。

[35] 導電性のある機械部品の被修理部を修理するための機械部品の修理方法であつて、

耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記機械部品の前記被修理部と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記機械部品の前記被修理部に生じた欠陥を除去する欠陥除去工程；

前記欠陥除去工程が終了した後に、金属の粉末、或いは金属の粉末とセラミックスの粉末を混合した混合粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記機械部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記機械部品の前記除去部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、肉盛を形成する肉盛形成工程と；

を具備したことを特徴とする機械部品の修理方法。

[36] 前記肉盛層工程が終了した後に、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側を溶融して、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う仕上げ工程と；

を具備したことを特徴とする請求項35に記載の機械部品の修理方法。

[37] 前記硬質電極は、グラファイト、タングステン合金、又は銅合金からなるものであることを特徴とする請求項35又は請求項36に記載の機械部品の修理方法。

[38] 前記機械部品はガスタービンエンジンのエンジン部品であることを特徴とする請求項35から請求項37のうちのいずれかの請求項に記載の機械部品の修理方法。

[39] 原機械部品から復元機械部品を製造するための復元機械部品の製造方法であつ

て、

耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記原機械部品の前記被処理部と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記原機械部品の前記被処理部に生じた欠陥を除去する除去工程と；

前記除去工程が終了した後に、金属の粉末、或いは金属の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末から成形した成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記原機械部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記原機械部品の前記除去部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、肉盛を形成する肉盛工程と；

を具備したことを特徴とする復元機械部品の製造方法。

- [40] 前記肉盛工程が終了した後に、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側を溶融して、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う仕上げ工程と；

を具備したことを特徴とする請求項39に記載の復元機械部品の製造方法。

- [41] 前記硬質電極は、グラファイト、タングステン合金、又は銅合金からなることを特徴とする請求項39又は請求項40に記載の復元機械部品の製造方法。

- [42] 前記原機械部品はガスタービンの原タービン部品であることを特徴とする請求項39から請求項41のうちのいずれかの請求項に記載の復元機械部品の製造方法。

- [43] 請求項12から請求項20、請求項39から請求項41のうちのいずれかの請求項に記載の原機械部品の製造方法により製造されたことを特徴とする機械部品。

- [44] 請求項21又は請求項42に記載の原機械部品の製造方法により製造されたことを特徴とする原機械部品。

- [45] 請求項44に記載の原機械部品を具備したことを特徴とするガスタービンエンジン。

- [46] 請求項35に記載の機械部品の修理方法の実施に直接使用する放電加工機にお



いて、

テーブルと、

前記テーブルに設けられ、前記機械部品をセット可能な治具と；

前記テーブルの上方に設けられ、前記テーブルに対して相対的に上下方向及び水平方向へ移動可能な加工ヘッドと；

前記加工ヘッドと一体的に移動可能であって、前記成形電極を保持する第1ホルダと；

前記加工ヘッドと一体的に移動可能であって、前記硬質電極を保持する第2電極ホルダと；

電気絶縁性のある液中または気中において前記機械部品の被修理部と前記硬質電極との間、前記機械部品における前記欠陥除去部と前記成形電極との間にそれぞれパルス状の放電を発生させる電源と；

を具備したことを特徴とする放電加工機。

[47] 請求項35に記載の機械部品の修理方法の実施に直接使用する放電加工機において、

テーブルと；

前記テーブルに設けられ、前記機械部品をセット可能な治具と；

前記テーブルの上方に設けられ、前記テーブルに対して相対的に上下方向及び水平方向へ移動可能な加工ヘッドと；

前記加工ヘッドに対して着脱可能であって、前記成形電極を保持する第1ホルダと；

前記加工ヘッドに対して着脱可能であって、前記硬質電極を保持する第2ホルダと；

前記加工ヘッドに対して前記第1ホルダと前記第2ホルダの交換を行う交換ユニットと；

電気絶縁性のある液中または気中において前記機械部品の被修理部と前記硬質電極との間、前記機械部品における前記欠陥除去部と前記成形電極との間にそれぞれパルス状の放電を発生させる電源と；

を具備したことを特徴とする放電加工機。

- [48] ガスタービンエンジンに用いられるタービン部品における擦動面の修理を行うためのタービン部品の修理方法であって、

前記タービン部品における前記擦動面に生じた欠陥を除去する除去工程と；

前記除去工程が終了した後に、クロムを含むコバルト合金の粉末、クロムを含むコバルト合金の粉末とセラミックスの粉末と合金の粉末との混合粉末、Tiの粉末、又はTiCの粉末のうちのいずれかの1種の粉末又は2種以上の粉末から成形してなる成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記タービン部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記タービン部品における前記除去部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、高温環境下で耐摩耗性のある肉盛を形成する肉盛工程と；

を具備したことを特徴とするタービン部品の修理方法。

- [49] 前記肉盛工程が終了した後に、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う仕上げ工程と；

を具備したことを特徴とする請求項48に記載のタービン部品の修理方法。

- [50] 前記仕上げ工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側を溶融して高密度の薄膜を形成しつつ、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする請求項49に記載のタービン部品の修理方法。

- [51] 前記寸法仕上げ工程が終了した後に、前記肉盛の表側にピーニング処理を施すピーニング工程と；

を具備したことを特徴とする請求項49又は請求項50に記載のタービン部品の修理方法。

- [52] 前記除去工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記タービン部品における前記擦動面と前記硬質電極との間

にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記タービン部品における前記擦動面に生じた欠陥を除去することを特徴とする請求項48から請求項51のうちのいずれかの請求項に記載のタービン部品の修理方法。

[53] 前記硬質電極は、グラファイト、タングステン合金、又は銅合金であることを特徴とする請求項50又は請求項52に記載のタービン部品の修理方法。

[54] 前記タービン部品における前記擦動面は、タービン動翼のシュラウドにおける擦動面であることを特徴とする請求項48から請求項53のうちのいずれかの請求項に記載のタービン部品の修理方法。

[55] 原タービン部品から復元タービン部品を製造するための復元タービン部品の製造方法であって、

前記原タービン部品における擦動面に生じた欠陥を除去する除去工程と；

前記除去工程が終了した後に、クロムを含むコバルト合金の粉末、クロムを含むコバルト合金の粉末とセラミックスの粉末との混合粉末、Tiの粉末、又はTiCの粉末のうちのいずれかの1種の粉末又は2種以上の粉末から成形してなる成形体、或いは加熱処理した前記成形体により構成される成形電極を用い、前記原タービン部品における前記欠陥が除去された除去部と前記成形電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記原タービン部品における前記除去部に前記成形電極の材料或いは該材料の反応物質を堆積、拡散、及び／又は溶着させて、高温環境下で耐摩耗性のある肉盛を形成する肉盛工程と；

を具備したことを特徴とする復元タービン部品の製造方法。

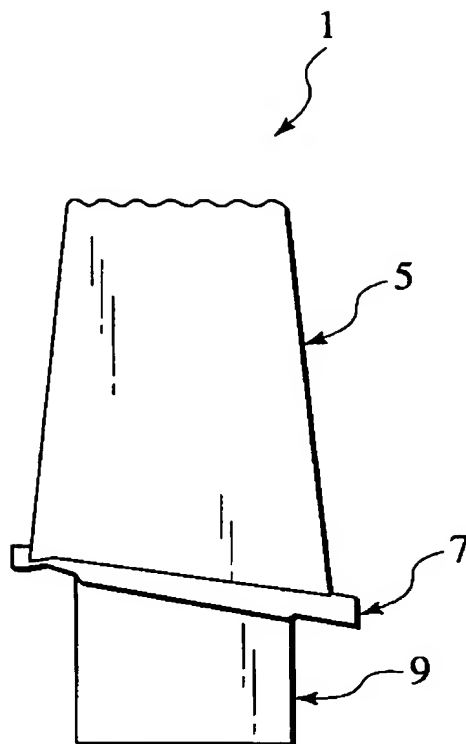
[56] 前記肉盛工程が終了した後に、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う仕上げ工程と；

を具備したことを特徴とする請求項55に記載の復元タービン部品の製造方法。

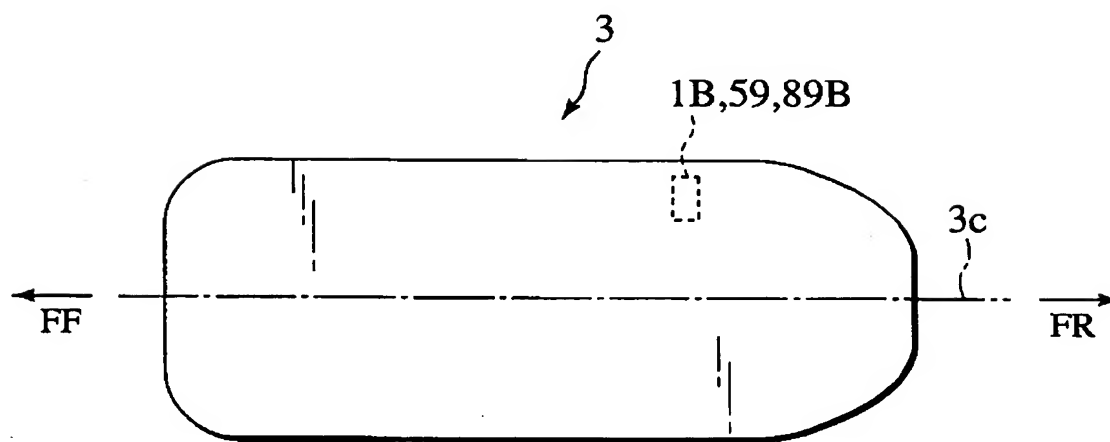
[57] 前記仕上げ工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記肉盛と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記肉盛の表側を溶融して高密度の薄膜を形成しつつ、前記肉盛の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする請求項56に記載の復元タービン部品の製造方法。

- [58] 前記仕上げ工程が終了した後に、前記肉盛層の表側にピーニング処理を施すピーニング工程と；  
を具備したことを特徴とする請求項56又は請求項57に記載の復元タービン部品の製造方法。
- [59] 前記除去工程にあつては、耐消耗性のある硬質電極を用い、電気絶縁性のある液中又は気中において、前記原タービン部品における前記擦動面と前記硬質電極との間にパルス状の放電を発生させて、その放電エネルギーにより、前記原タービン部品における前記擦動面に生じた欠陥を除去することを特徴とする請求項55から請求項58のうちのいずれかの請求項に記載の復元タービン部品の製造方法。
- [60] 前記硬質電極は、グラファイト、タングステン合金、又は銅合金からなることを特徴とする請求項57又は請求項59に記載の復元タービン部品の製造方法。
- [61] 前記原タービン部品における前記擦動面は、原タービン動翼のシュラウドにおける擦動面であることを特徴とする請求項55から請求項60のうちのいずれかの請求項に記載の復元タービン部品の製造方法。
- [62] 請求項55から請求項61のうちのいずれかの請求項に記載の復元タービン部品の製造方法により製造されたことを特徴とする復元タービン部品。
- [63] 請求項62に記載の復元タービン部品を具備したことを特徴とするガスタービンエンジン。

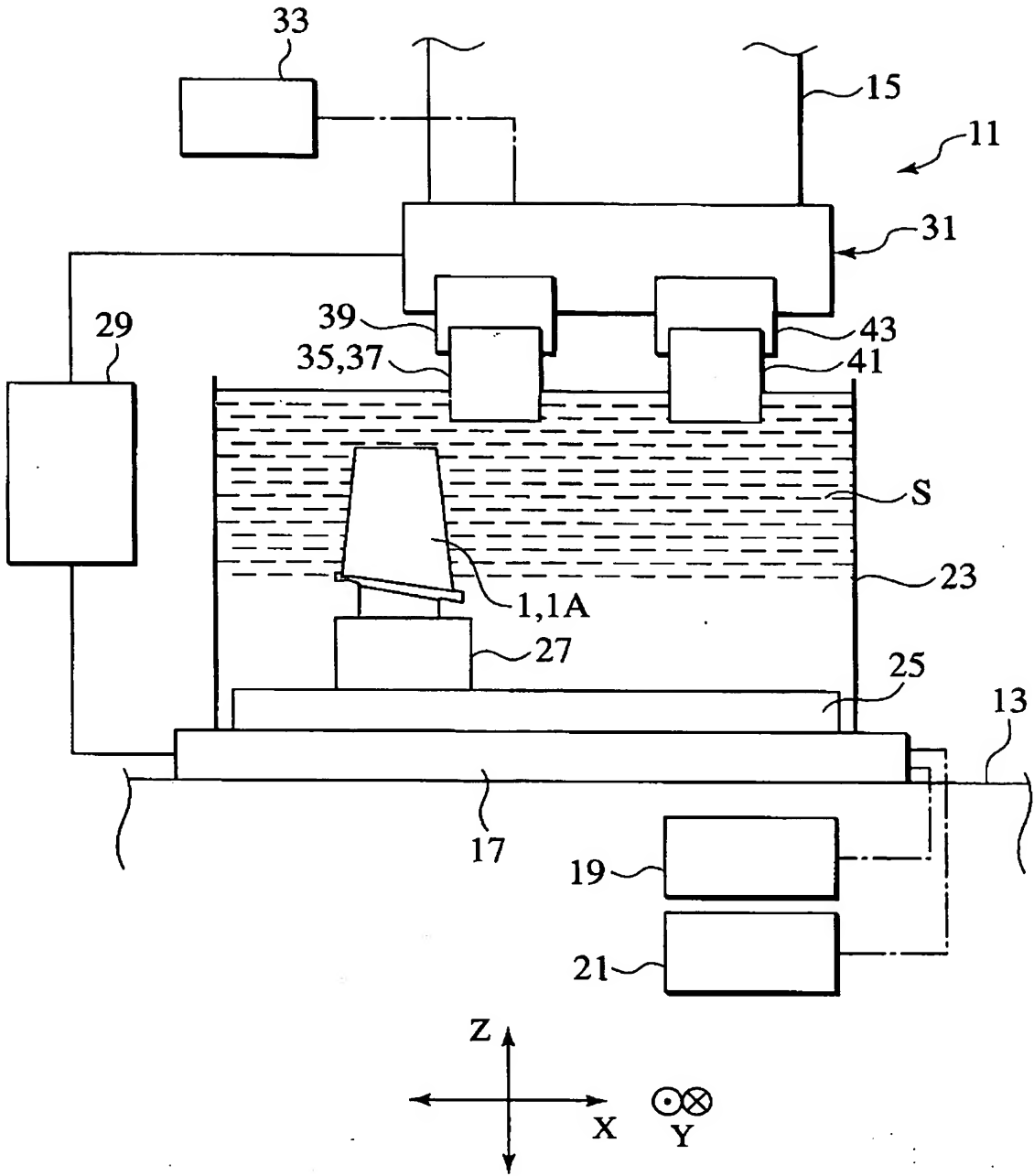
[図1]



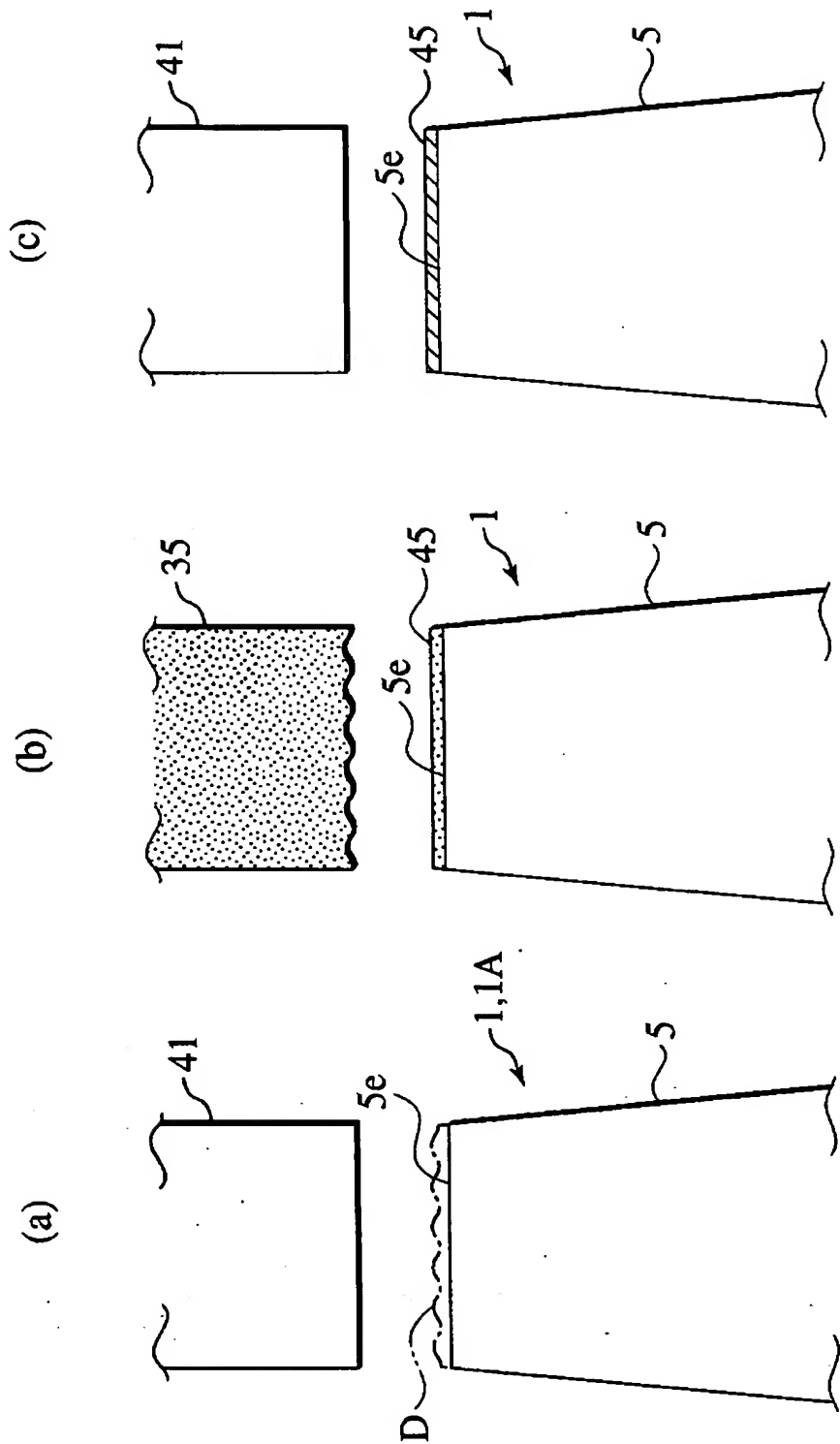
[図2]



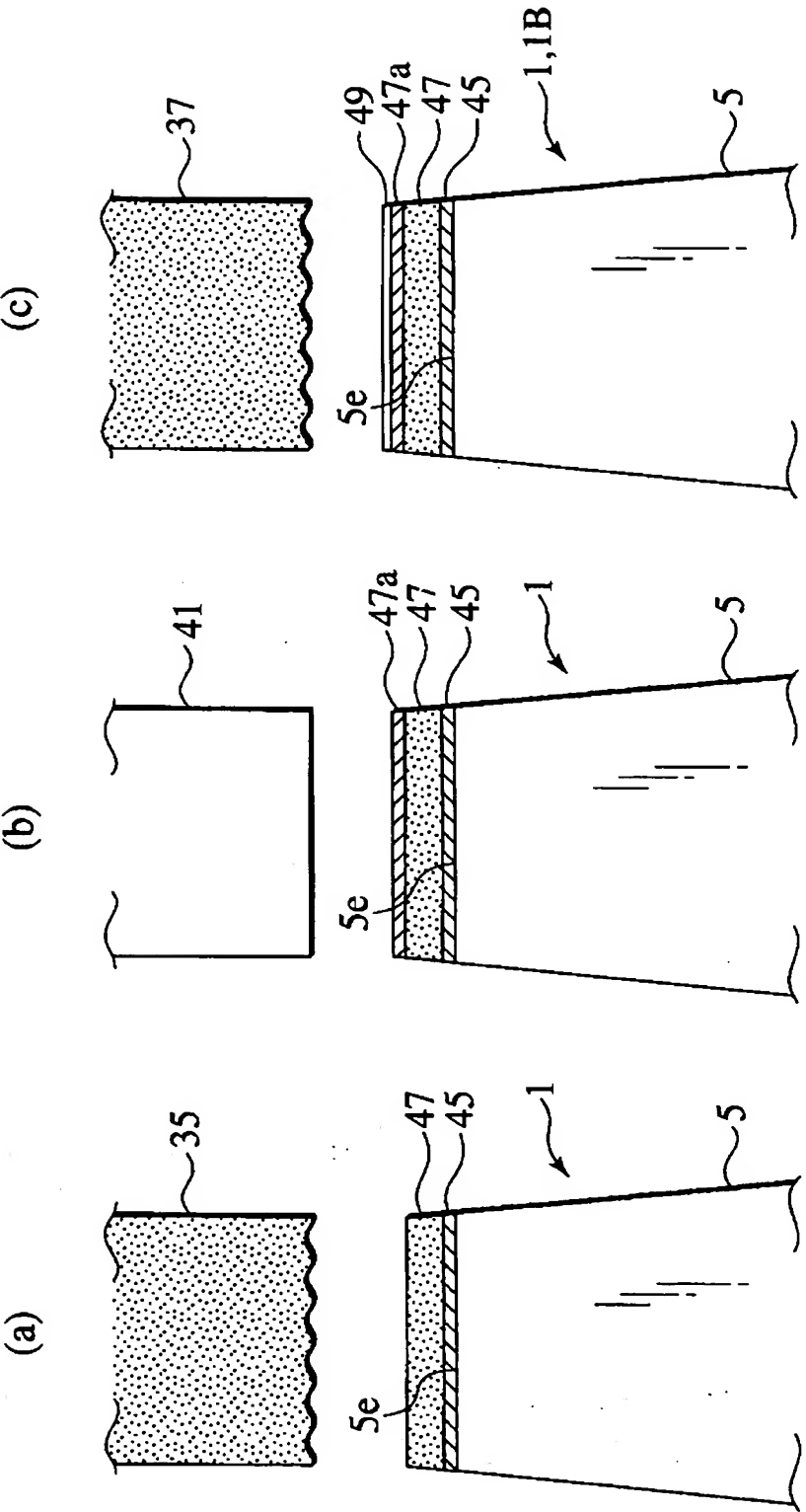
[図3]



[図4]

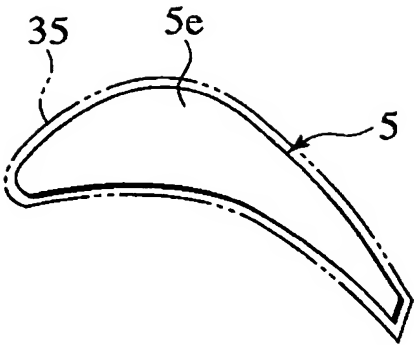


[図5]

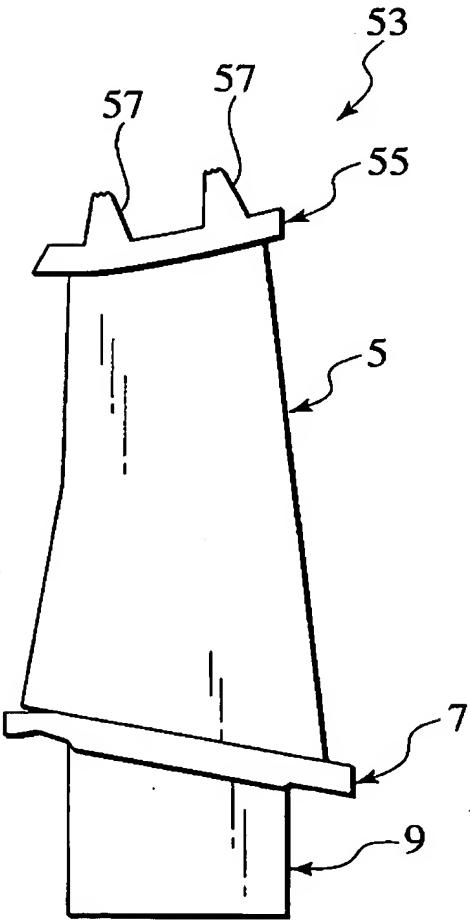




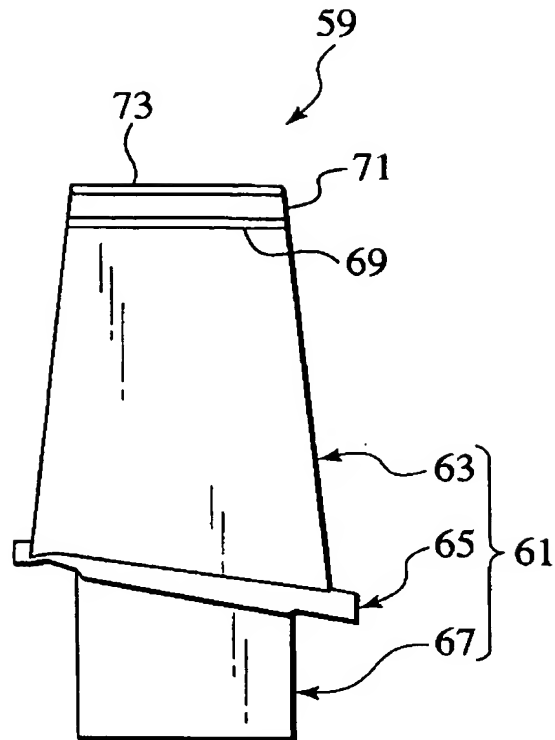
[図6]



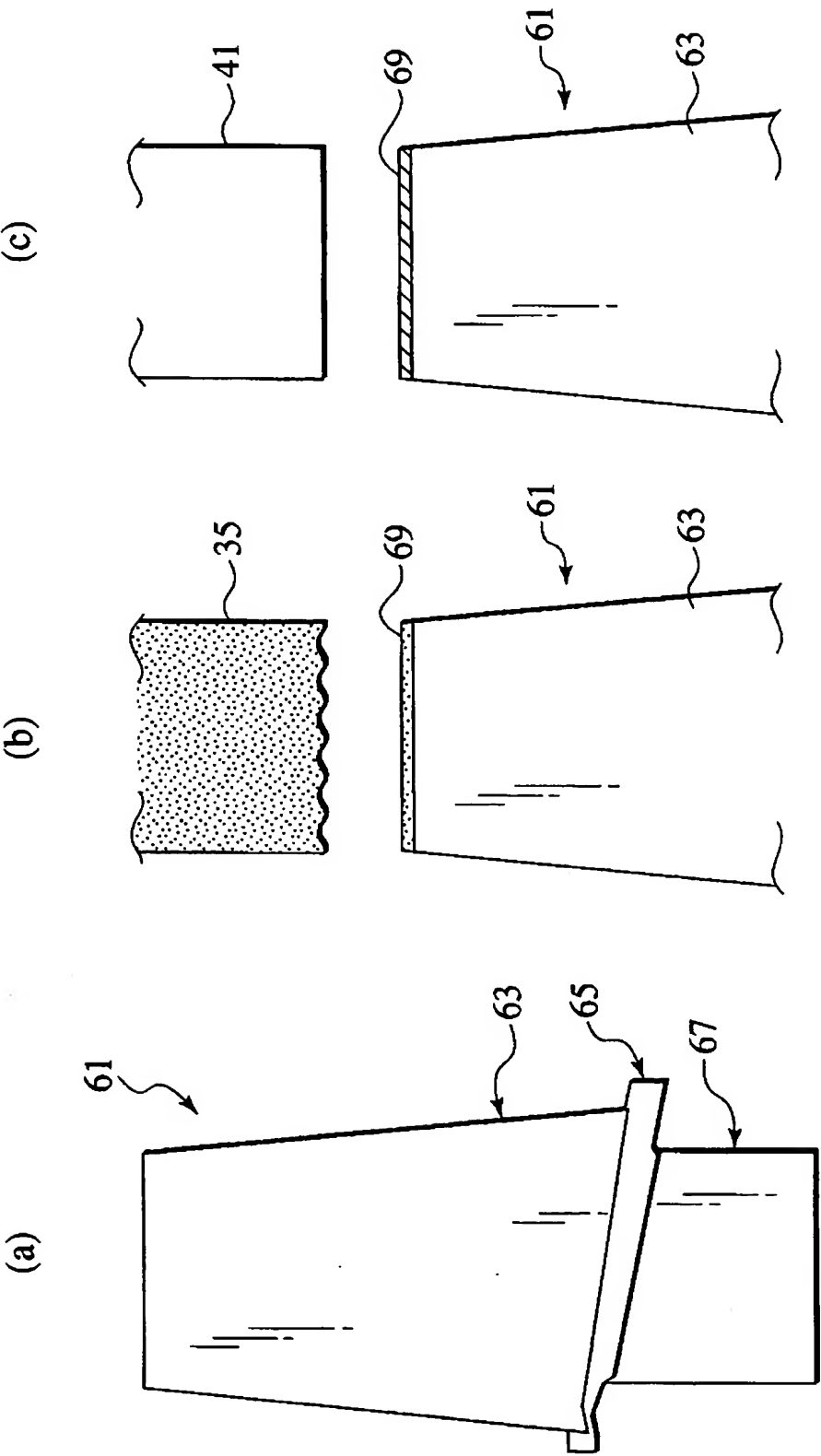
[図7]



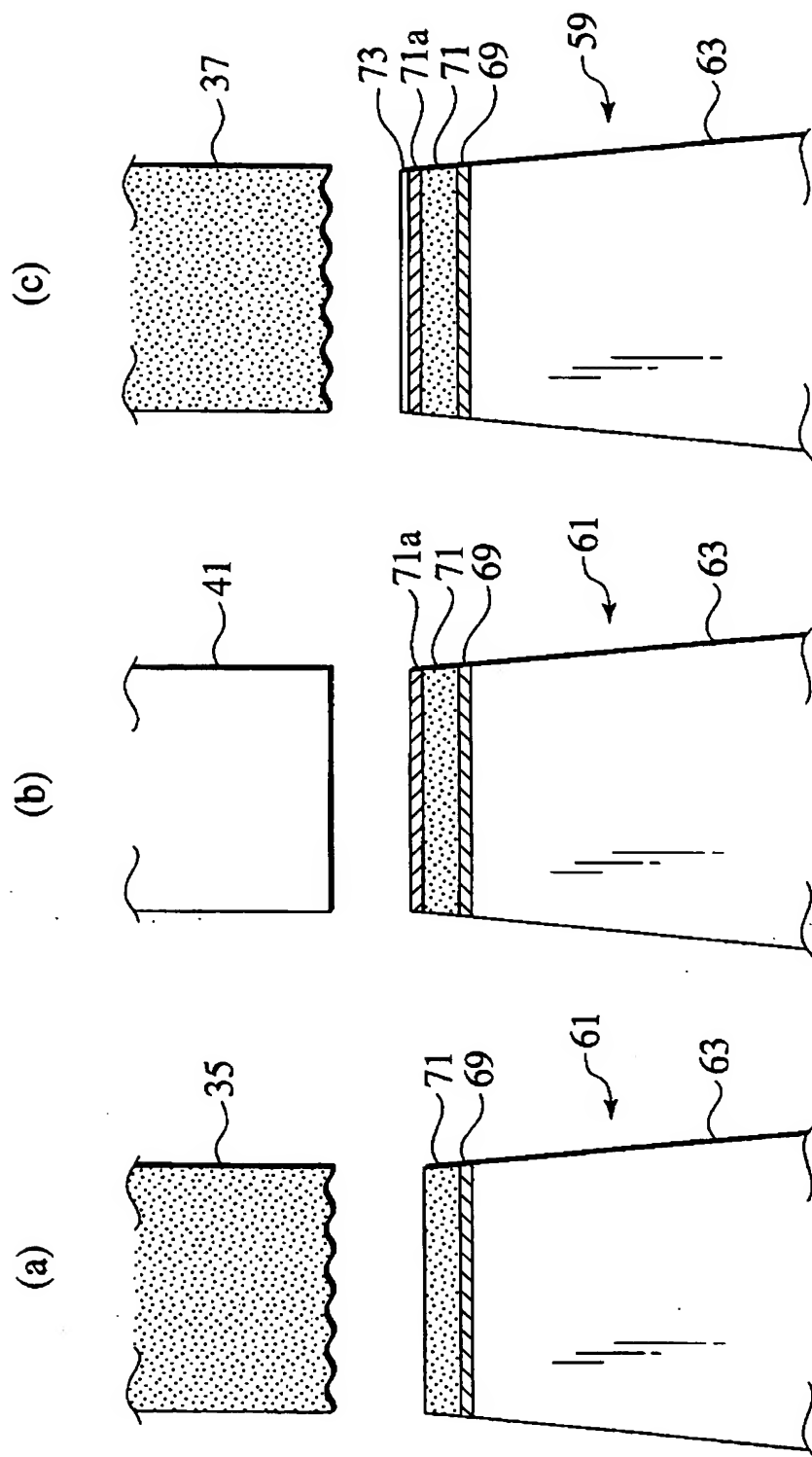
[図8]



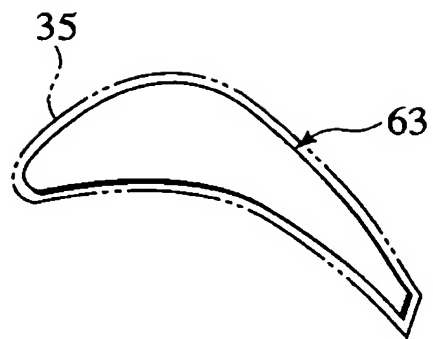
[図9]



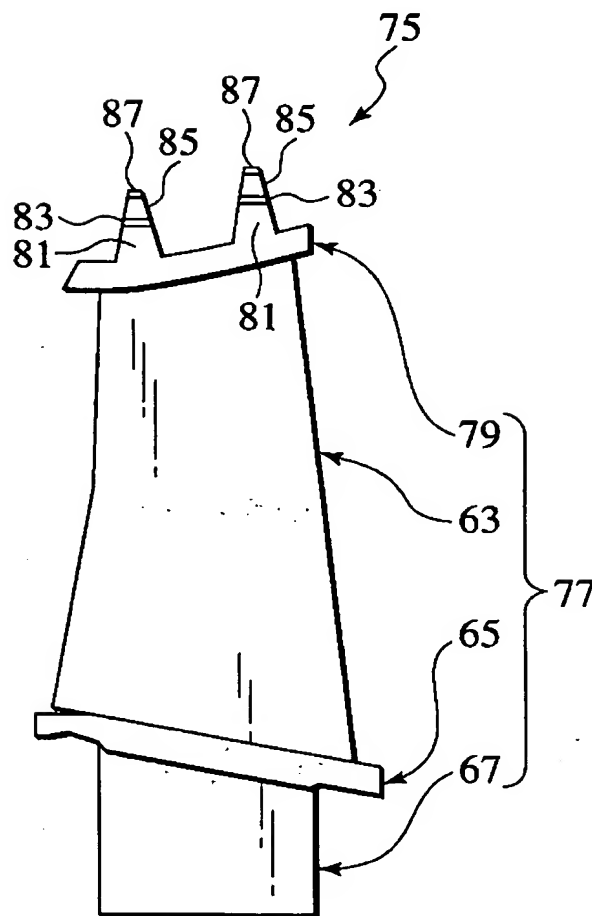
[図10]



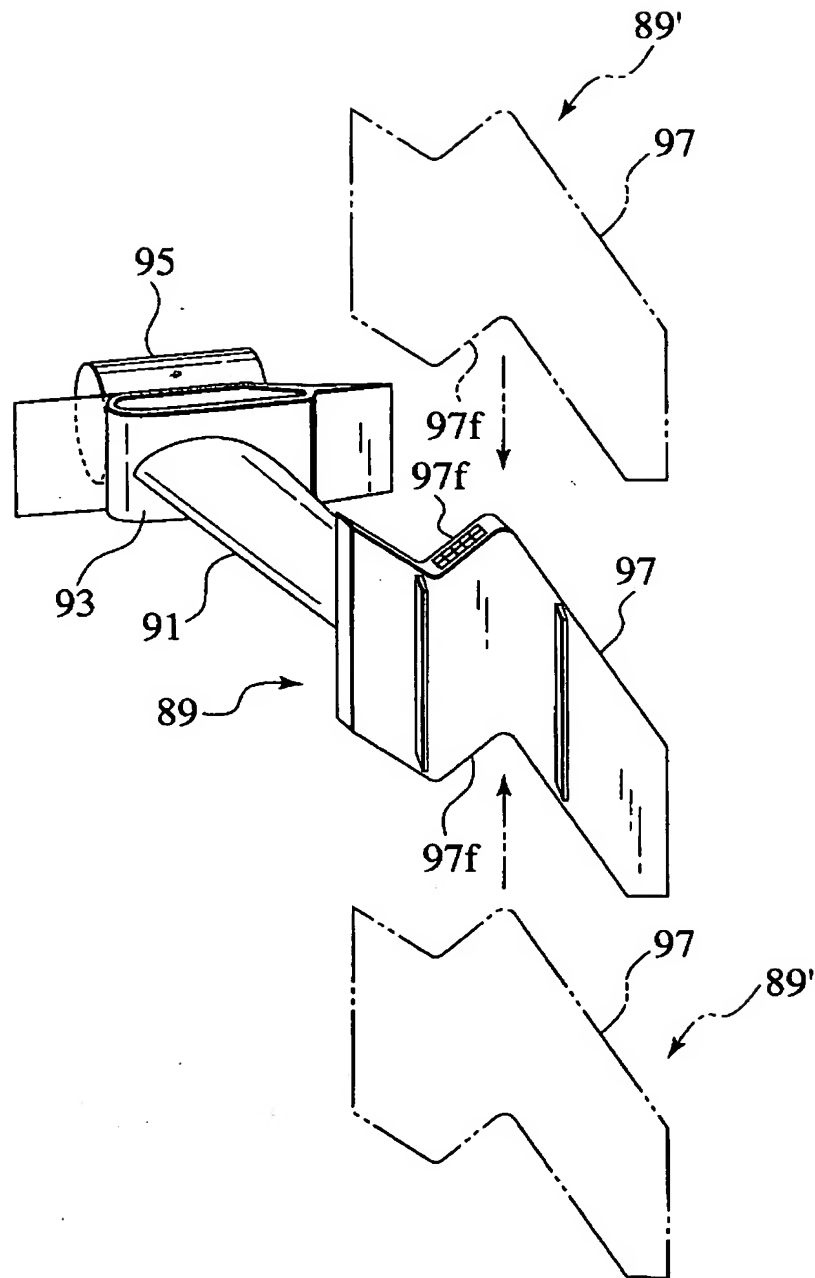
[図11]



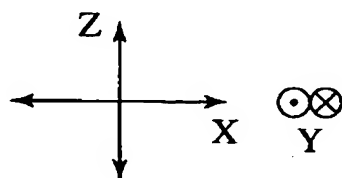
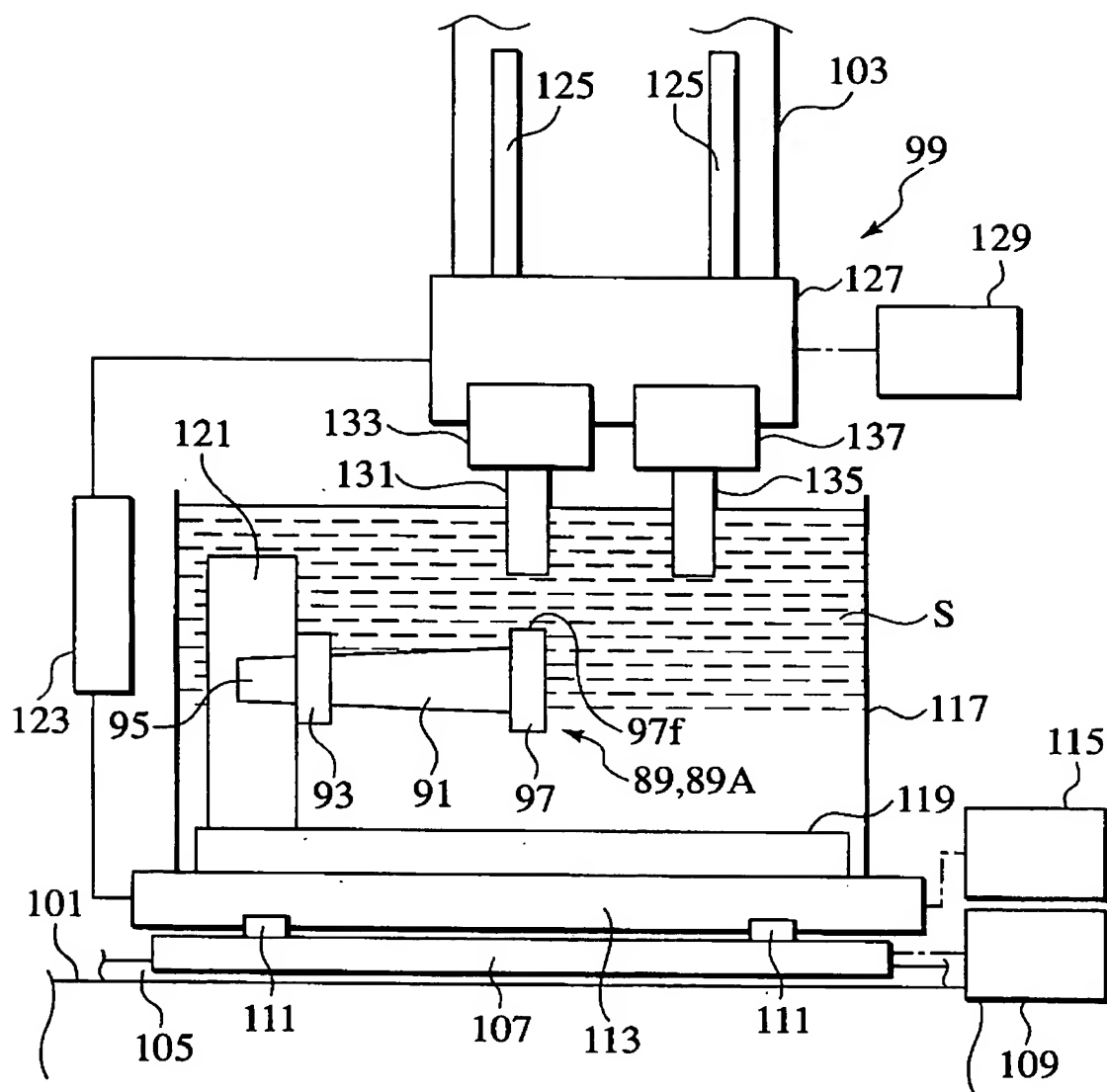
[図12]



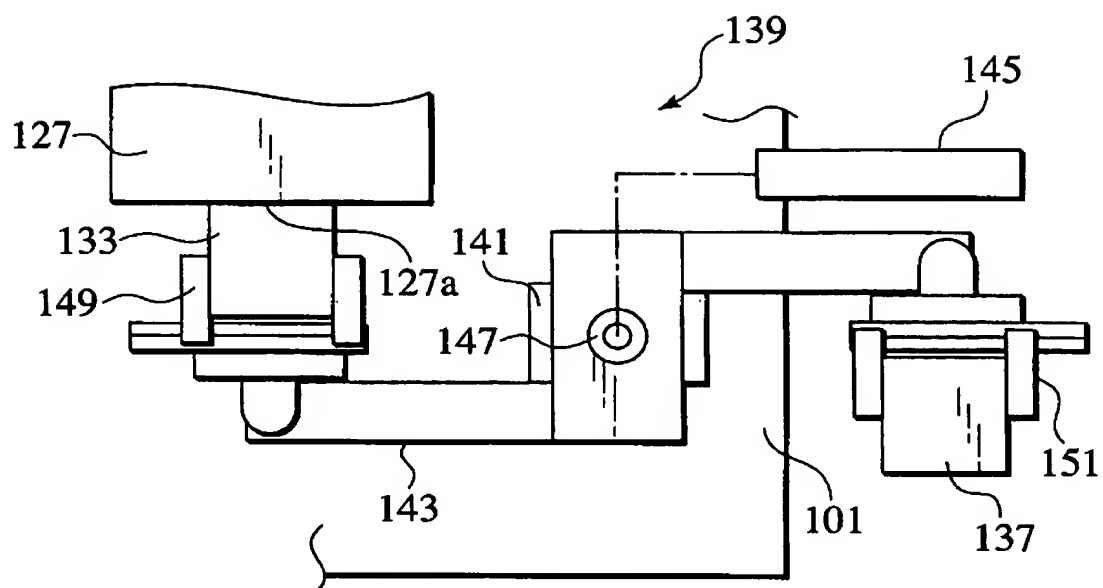
[図13]



[図14]

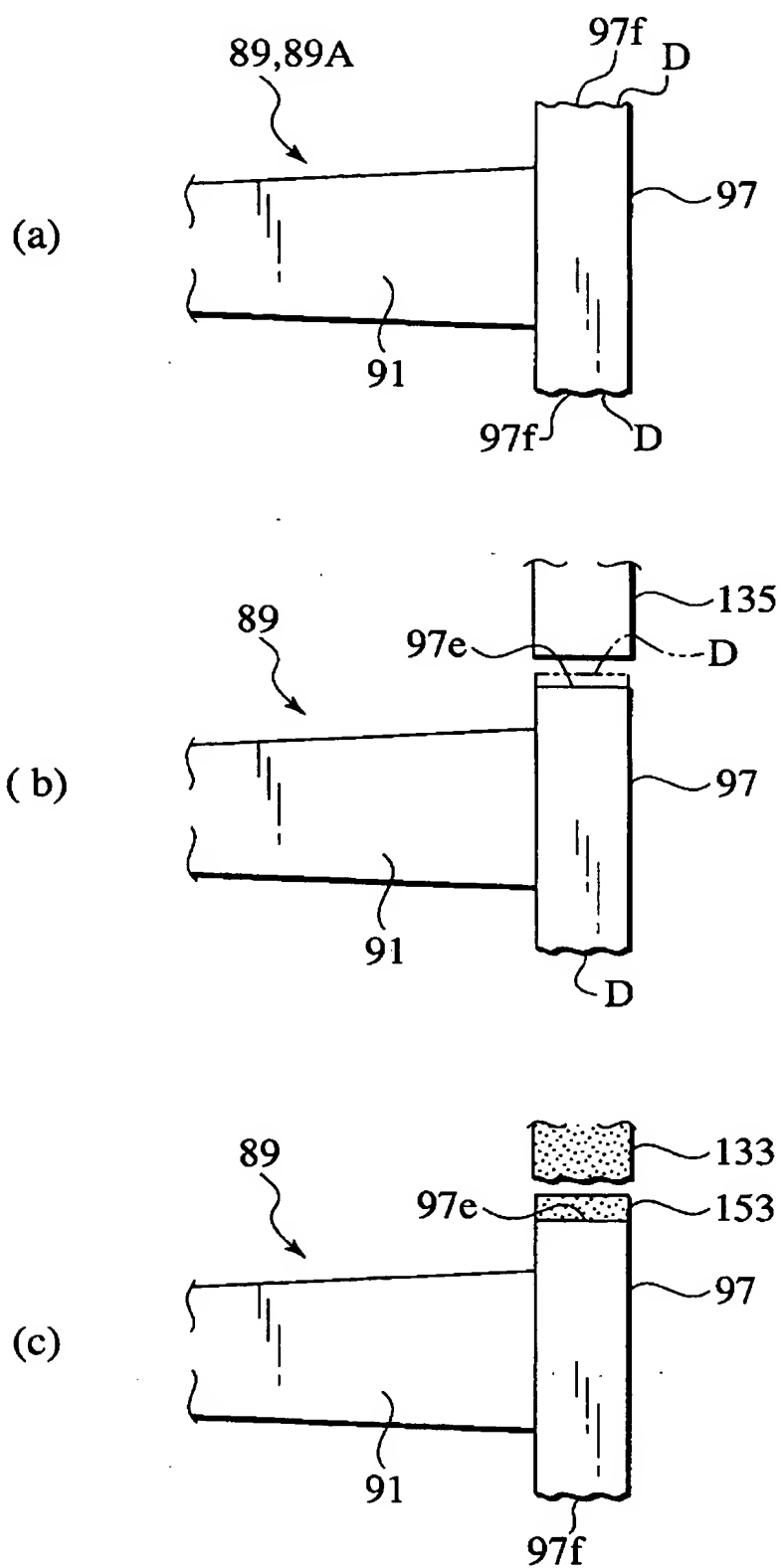



[図15]



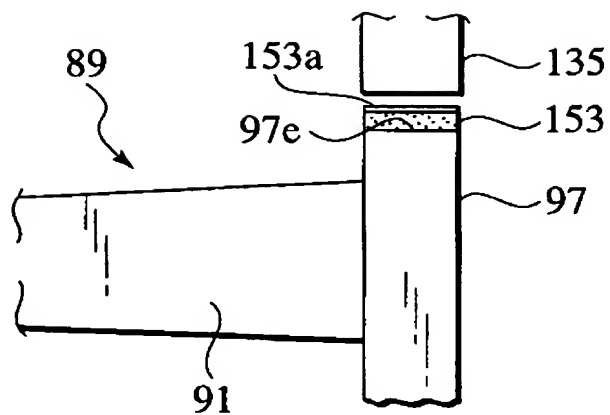


[図16]

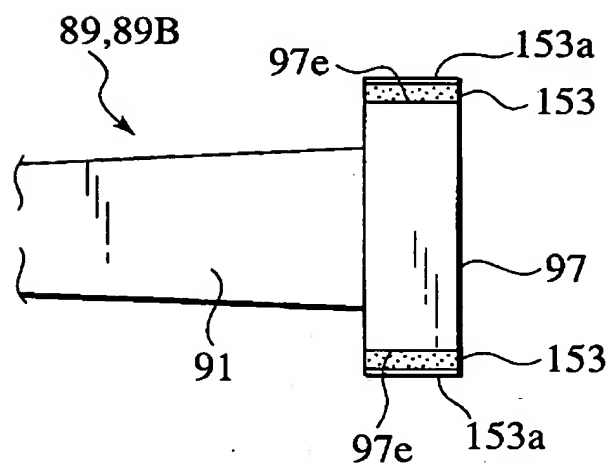


[17]

(a)



(b)



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008213

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> C23C26/00, B23H9/10, B23H9/00, F01D5/28, F02C7/00, B22D19/10, B21K3/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> C23C26/00, B23H9/10, B23H9/00, F01D5/28, F02C7/00, B22D19/10, B21K3/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-192937 A (Research Development Corp. of Japan), 29 July, 1997 (29.07.97), Claims 1, 9, 10; Par. No. [0044] & DE 19701170 A1 & CN 1161894 A & KR 217293 B	1-5, 7-16, 18-27, 29-63
Y	JP 5-148615 A (Research Development Corp. of Japan), 15 June, 1993 (15.06.93), Par. Nos. [0014] to [0016], [0021], [0026], [0043] (Family: none)	1-5, 7-16, 18-27, 29-63

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
24 September, 2004 (24.09.04)

Date of mailing of the international search report  
12 October, 2004 (12.10.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008213

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-309452 A (General Electric Co.), 02 November, 1992 (02.11.92), Par. Nos. [0024] to [0030] & US 5071054 A & EP 491189 A1 & CA 2056527 A	1-5, 7-16, 18-27, 29-63
Y	JP 62-161493 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 17 July, 1987 (17.07.87), Claims; page 2, upper right column, line 10 (Family: none)	1-5, 7-16, 18-27, 29-63.
Y	JP 2000-192256 A (United Technologies Corp.), 11 July, 2000 (11.07.00), Claim 2; Par. Nos. [0025] to [0030], [0033] & US 6042898 A & EP 1013795 A1 & CA 2290236 A	4, 15, 25, 51, 58
Y	JP 10-225824 A (Japan Science and Technology Corp.), 25 August, 1998 (25.08.98), Claim 7; Par. No. [0044] (Family: none)	46, 47
A	WO 99/58744 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 18 November, 1999 (18.11.99), & DE 19964388 A1 & CN 1272144 A & US 6602561 A	1-63
A	JP 2000-160361 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 June, 2000 (13.06.00), (Family: none)	1-63
P, A	JP 2004-150272 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 27 May, 2004 (27.05.04), (Family: none)	1-63

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> C23C26/00, B23H9/10, B23H9/00, F01D5/28, F02C7/00, B22D19/10, B21K3/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> C23C26/00, B23H9/10, B23H9/00, F01D5/28, F02C7/00, B22D19/10, B21K3/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 9-192937 A (新技術事業団) 1997.07.29, 【請求項1】、【請求項9】、【請求項10】、【0044】 &DE 19701170 A1 &CN 1161894 A &KR 217293 B	1-5, 7-16, 18-27, 29-63
Y	JP 5-148615 A (新技術事業団) 1993.06.15, 【0014】 - 【0016】、【0021】、【0026】、【0043】 (ファミリーなし)	1-5, 7-16, 18-27, 29-63

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.09.2004

国際調査報告の発送日

12.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大畑 通隆

4R

9443

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 4-309452 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 1992. 11. 02, 【0024】 - 【0030】 &US 5071054 A &EP 491189 A1 &CA 2056527 A	1-5, 7-16, 18-27, 29-63
Y	JP 62-161493 A (三菱重工業株式会社) 1987. 07. 17, 特許請求の範囲欄, 第2頁右上欄第10行 (ファミリーなし)	1-5, 7-16, 18-27, 29-63
Y	JP 2000-192256 A (ユナイテッド テクノロジーズ コーポレイシ ョン) 2000. 07. 11, 【請求項2】, 【0025】 - 【0030】, 【0033】 &US 6042898 A &EP 1013795 A1 &CA 2290236 A	4, 15, 25, 51, 58
Y	JP 10-225824 A (科学技術振興事業団) 1998. 08. 25, 【請求項7】, 【0044】 (ファミリーなし)	46, 47
A	WO 99/58744 A1 (三菱電機株式会社) 1999. 11. 18 &DE 19964388 A1 &CN 1272144 A &US 6602561 A	1-63
A	JP 2000-160361 A (三菱電機株式会社) 2000. 06. 13, (ファミリーなし)	1-63
P, A	JP 2004-150272 A (石川島播磨重工業株式会社) 2004. 05. 27 (ファミリーなし)	1-63